中華郵政特准掛號認爲新聞紙類

水利

第二卷

第二期

朱重光印

中國水利工程學會發行

中華民國二十一年二月

中國水利工程學會

（會址：南京太平橋北二十一號）

董　事　會

李儀祉	上海國民政府救濟水災委員會	李書田	天津華北水利委員會
茅以昇	鎮江婁巷十三號	陳懋解	南京建設委員會
沈百先	鎮江江蘇建設廳	張含英	葫蘆島港務處
張自立	南京建設委員會	須　愷	南京導淮委員會
孫輔世	蘇州太湖流域水利委員會		

執　行　部

會長　李儀祉　　副會長　李書田　　總幹事　張自立

特　種　委　員　會

出版委員會　汪胡楨（主席）　顧世楫　徐世大　孫輔世　張含英

會員委員會　洪　紳（主席）　余藉傳　李書田　茅以昇　曹瑞芝　孫輔世　林平一

介紹委員會　李書田（主席）　徐世大　須　愷　茅以昇　孫輔世　張含英　張自立

機　關　會　員

建設委員會　江蘇建設廳　導淮委員會　華北水利委員會　永定河河務局　中央大學　內政部　太湖流域水利委員會　交通部　湖北水利局　唐山工程學院　河北建設廳　浙江建設廳　整理海河委員會　修浚閩江工程局　揚子江水道整理委員會　山東建設廳　陝西建設廳　廣東治河委員會　武漢大學　湖南大學　河北黃河河務局　湖南建設廳　河北工業學院　河南河務總局

水利月刊投稿簡章

（一）水刊登載關於水利工程之論著，計劃，研究，實施狀況等文字。撰著或翻譯均所歡迎。文體新舊不拘。引據之處請註出以便閱者。

（二）投寄之稿請依本雜誌行格謄寫爲最好。並請加標點符號。如投稿者，先將題目及大略字數示知，當將稿紙寄奉備用。

（三）如投寄翻譯稿件，請將原文題目著者及其來源詳細示知，倘蒙將原文寄閱尤妥。

（四）文中圖畫，除照相外請用黑色墨水繪製。務求清晰。並須字大線粗。

（五）稿件揭載與否。不能預告。原稿概不寄還。惟未登載之稿件，得因預先聲明可以檢還。

（六）稿後請註明姓名住址以便通信。

（七）稿件內容本會得酌量增刪之。如有不願者。請先聲明。

（八）稿件請寄交南京四條巷良友里二十號中國水利工程學會出版委員會收。

水利月刊

第二卷　第二期

中華民國二十一年二月

目　錄

本刊文責由著者自負

編輯者言（汪胡楨）……78頁

江潮對於淮河排洪道洩量之影響（須愷）……79頁

整理秦淮外河上游赤山湖計劃（周鎮倫）……85頁

導淮經廢黃河入海之土方估計（汪胡楨）……91頁

雨量與農業（劉增冕）……96頁

水準零點之比較（徐矯）……102頁

哥羅拉多河之泥沙及其灌溉之關係（黃懷楨譯）……105頁

治河概論（白季眉）……132頁

修浚閩江工程局簡明報告（陳鴻泰）……154頁

編輯者言

汪胡楨

本期付印之際，適値暴日侵我上海京滬交通梗阻，印刷材料缺乏，致遲延出版期，幾及一星期。出版委員會同人咸深歉仄。惟此種情况，如一時不能恢復，則以後各期，勢必同受影響。惟首都印刷，縱有困難，猶得移至別地，使本刊得以繼續維持。所最需本會各會員協助者，乃在充實本刊內容之稿件。尙盼仍將宏篇鉅製，隨時投寄爲荷。

工程著作，圖表與文字並重。本刊對於圖表印刷，素極注意。故於來稿所繪附圖，或綫字過細，或製作簡陋，不堪攝影製版者，大率重爲描繪。惟現因人事關係，難以一一重爲描繪，故望投稿者，對於所附圖表，均祈按照本刊款式精密繪製。如須縮小者則所繪之綫，及所註之字，必須按比例放大庶可製版，尤祈注意是荷。

本期由王景賢趙愼樞兩君編輯，惟編印及半，兩君先後因事離京，乃由僕繼續完成之。其中所載拙著導淮經廢黃河入海之土方估計，係民國十八年舊作，計算方法，雖屬自創，但可憑以計算之測繪資料，則過屬粗略，故迄未敢公諸於世。今既承王君編入，且値印刷工廠發生困難之日，亦不能中途抽換，祇得存之而已，尙祈讀者諒之。

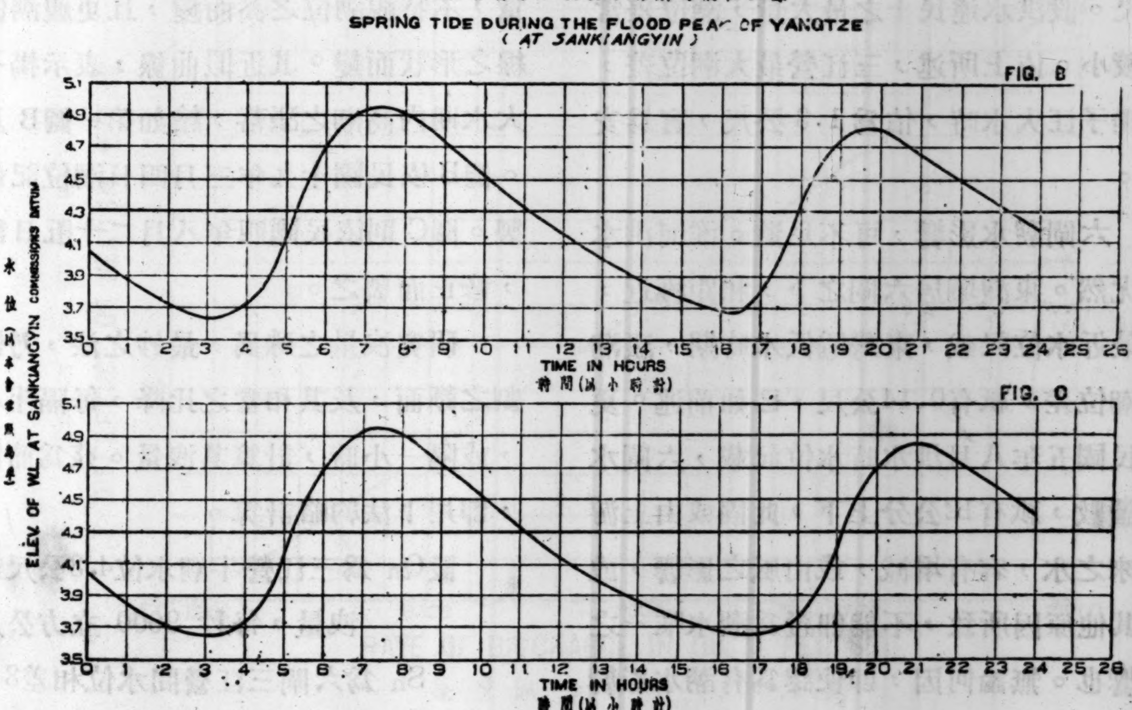
江潮對於淮河排洪道洩量之影響

須　愷

1. 潮水情形

三江營爲淮河排洪道計劃綫入江處所，受揚子江潮水之影響；民國十九年三月，本會曾於三江營及歸江壩下游各引河中，連續觀測水位，繪製潮位曲綫。由之知三月十五日(望)高潮時，三江營最大潮位差爲1.74公尺，同日東灣壩爲0.14公尺。三月二十三日低潮時，最小潮位差各爲0.62公尺及.03公尺，三江營潮位曲線示如第一圖B，張潮時間約歷四小時，而落潮則約九小時，然以半潮論，其上下歷時幾相等。

第　一　圖



鎮江一如三江營，浚浦局曾測得江潮，祇能江水反涘，而無倒流。故三江營及其上游，水位漲落，完全由於反涘。而三江營之揚子江，及他日入江之淮河排洪道

，水流恆向下。由潮水而生之惟一影響，祇爲流量之差異耳。

上游排下之水量增，潮位差隨之減少；此固水利工程師所盡知。三月在低水期內，故上述潮位差，當洪水時，決大爲減小。鎮江水尺，民四至民八洪水月份，最大潮位差約1公尺。三江營處鎮江水尺下游 40 公里，最大潮位差當較大。民四之八月二十五日，三江營水位記載（極不完全），當洪水時最大潮位差約1.3公尺，是日水位較民十最高高水位，約低 0.4 公尺。設洪水達民十之最大量，潮位差當可較小。依上所述，三江營最大潮位差，當揚子江大水時，估爲1.3公尺，實爲安全。

六閘潮水影響，可不足道。淮河洪水時尤然。東灣壩居六閘之下，相距極近，據最近水位記載，東灣壩低水時期，漲潮時潮位差，祇有0.14公尺，已如前述。更視民國五年八月洪水時水位記載，六閘水尺讀數，祇有12公分上下，此固或由上游排來之水，容有增減，或由風之影響，或由其他原因所致，不能卽證爲潮水唯一之影響也。無論何因，卽使認爲有潮水影響在內，然決極小，高水時期，尤不足計較。

2. 六閘以下洪水洩量之消長

三江營水位由江潮之影響，每日漲落二次。六閘水位，定量洩水時，變化極少。故六閘至三江營排洪道，其水面比降，依三江營潮位曲線，時時變化不息。因之洩量，亦時時有異。

排洪道之計劃，以六閘水位爲7.5公尺；三江營水位爲 4.3 公尺，相差 3.2 公尺，可洩每秒 9000 立方公尺之水。三江營水位爲最高之半潮水位，實在洪水洩量，必依潮位之漲落，或大，或小於計劃之平均洩量，故一日間洩水總量，及平均洩量，不特視潮位之高而變，且更視潮位之線之形狀而變。其近似曲線，表示揚子江大水期內高潮之漲落，繪如第一圖B及C。圖B依民國十九年三月四日潮位記載而製。圖C則依民國四年八月二十五日記載，修正而製之。

研究洩量之殊異，最妙之法，乃依規劃之斷面，及其相當之比降，每隔半小時，或隔一小時，計算其洩量。玆爲簡便計，卽用下法約略計算。

設 Q_n 爲三江營半潮水位4.3公尺時之洩量，每秒 9000 立方公尺；

S_n 爲六閘三江營間水位相差3.2公尺時(7.5—4.3＝3.2)之比降；

R_n 爲當上述水位時之水羃半徑；

A_n 爲當上述水位時之斷面面積；

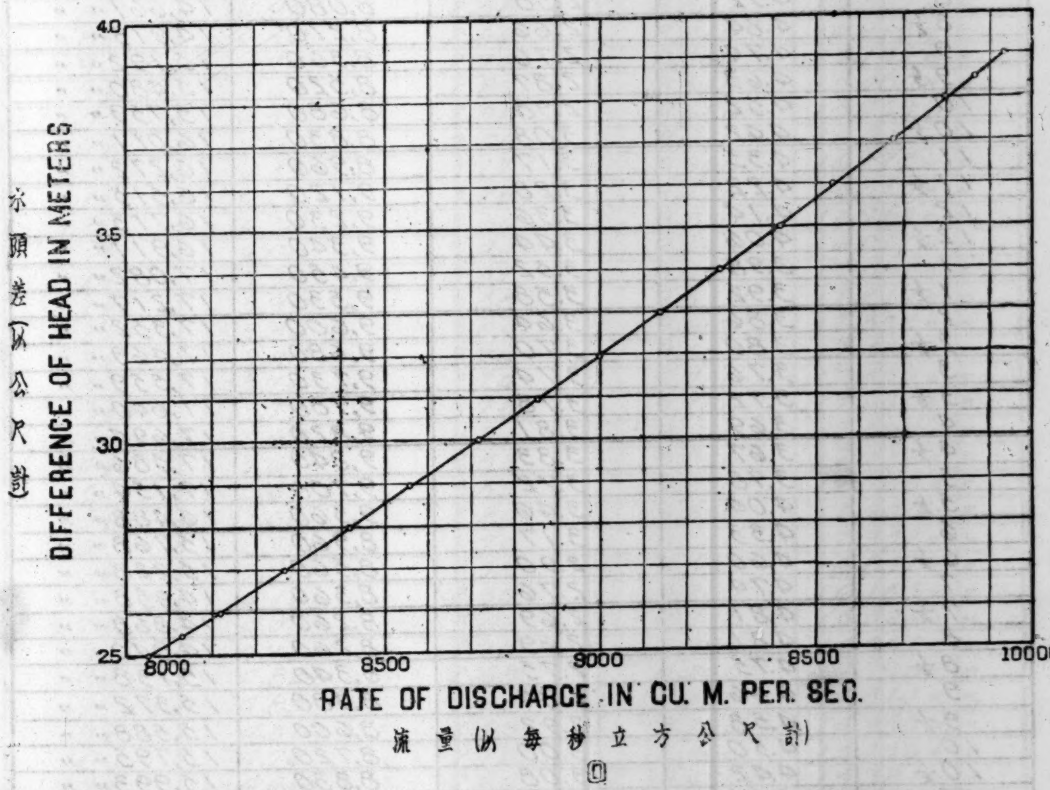
Q_1 S_1 R_1 A_1 爲三江營水位異高時之洩量，比降，水罩半徑，及斷面面積；C 爲係數

$$\therefore \frac{Q_1}{Q_n}=\frac{Ca_1\sqrt{r_1 s_1}}{Ca_n\sqrt{r_n s_1}} \quad \text{或} \quad Q_1=Q_n\frac{Ca_1\sqrt{r_1 s_1}}{Ca_n\sqrt{r_n s_n}}$$

六閘以下，比降變易，六閘水位，仍持於原有之高。斷面面積，水霤半徑及係數，當依舊如故。故

$$Q_1=Q_n\frac{\sqrt{s_1}}{\sqrt{s_n}}=Q_n\frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{H_n}}\left(\text{因}\ \frac{\sqrt{s_1}}{\sqrt{s_n}}=\frac{\sqrt{\frac{H_1}{D}}}{\sqrt{\frac{H_n}{D}}}\right)$$

第　二　圖



由上公式（製成曲線如第二圖），依曲線B及C，得兩種計算，以定每隔半小時之洩量，並二十四小時之平均洩量，結果列下表：

表A 依湖位曲線B每半小時之洩量

時 (小時)	三江營水位 (公尺)	六閘三江營間 水位差H(公尺)	洩量Q (每秒立方公尺)	半小時之洩量 (立方公尺)
0	4.04	3.46	9,360	$16,983 \times 10^3$
½	3.93	3.57	9,510	17,217 " "
1	3.84	3.66	9,620	17,406 " "
1½	3.77	3.73	9,720	17,550 " "
2	3.71	3.79	9,780	17,649 " "
2½	3.68	3.82	9,830	17,721 " "
3	3.66	3.84	9,860	17,757 " "
3½	3.65	3.85	9,870	17,685 " "
4	3.72	3.78	9,780	17,442 " "
4½	3.86	3.64	9,600	16,920 " "
5	4.16	3.34	9,200	16,173 " "
5½	4.46	3.04	8,770	15,471 " "
6	4.70	2.80	8,420	14,940 " "
6½	4.86	2.64	8,180	14,607 " "
7	4.94	2.56	8,050	14,472 " "
7½	4.95	2.55	8,030	14,499 " "
8	4.92	2.58	8,080	14,661 " "
8½	4.84	2.66	8,210	14,913 " "
9	4.74	2.76	8,360	15,192 " "
9½	4.63	2.87	8,520	15,480 " "
10	4.52	2.98	8,680	15,759 " "
10½	4.42	3.08	8,830	16,011 " "
11	4.33	3.17	8,960	16,272 " "
11½	4.22	3.28	9,120	16,515 " "
12	4.14	3.36	9,230	16,713 " "
12½	4.06	3.44	9,340	16,911 " "
1	3.98	3.52	9,450	17,082 " "
1½	3.92	3.58	9,530	17,217 " "
2	3.86	3.64	9,600	17,352 " "
2½	3.80	3.70	9,680	17,469 " "
3	3.76	3.74	9,730	17,559 " "
3½	3.72	3.78	9,780	17,640 " "
4	3.69	3.81	9,820	17,694 " "
4½	3.67	3.83	9,840	17,586 " "
5	3.78	3.72	9,700	17,154 " "
5½	4.04	3.46	9,360	16,488 " "
6	4.33	3.17	8,960	15,768 " "
6½	4.60	2.90	8,560	15,228 " "
7	4.74	2.76	8,360	14,958 " "
7½	4.81	2.69	8,260	14,868 " "
8	4.81	2.69	8,260	14,940 " "
8½	4.75	2.75	8,340	15,138 " "
9	4.66	2.84	8,480	15,372 " "
9½	4.58	2.92	8,600	15,588 " "
10	4.50	3.00	8,720	15,795 " "
10½	4.42	3.08	8,830	15,993 " "
11	4.35	3.15	8,940	16,182 " "
11½	4.27	3.23	9,040	16,389 " "
12	4.18	3.32	9,170	
			總計	$782,379 \times 10^3$
			平均	9,055

表B　依潮位曲綫C每半小時之洩量

時 (小時)	三江營水位 (公尺)	六閘三江營間 水位差 H(公尺)	洩量 Q (每秒立方公尺)	半小時之洩量 (立方公尺)
0	4.04	3.46	9,360	$16,983\times10^3$
½	3.93	3.57	9,510	17,217 〃 〃
1	3.84	3.66	9,620	17,406 〃 〃
1½	3.77	3.73	9,720	17,550 〃 〃
2	3.71	3.79	9,780	17,649 〃 〃
2½	3.68	3.82	9,830	17,721 〃 〃
3	3.66	3.84	9,860	17,757 〃 〃
3½	3.65	3.85	9,870	17,685 〃 〃
4	3.72	3.78	9,780	17,442 〃 〃
4½	3.86	3.64	9,600	16,920 〃 〃
5	4.16	3.34	9,200	16,173 〃 〃
5½	4.46	3.04	8,770	15,471 〃 〃
6	4.70	2.80	8,420	14,940 〃 〃
6½	4.86	2.64	8,180	14,607 〃 〃
7	4.94	2.56	8,050	14,472 〃 〃
7½	4.95	2.55	8,030	14,499 〃 〃
8	4.92	2.58	8,080	14,661 〃 〃
8½	4.84	2.66	8,210	14,913 〃 〃
9	4.74	2.76	8,360	15,192 〃 〃
9½	4.63	2.87	8,520	15,480 〃 〃
10	4.52	2.98	8,680	15,759 〃 〃
10½	4.42	3.08	8,830	16,011 〃 〃
11	4.33	3.17	8,960	16,272 〃 〃
11½	4.22	3.28	9,120	16,515 〃 〃
12	4.14	3.36	9,230	16,713 〃 〃
½	4.06	3.44	9,340	16,911 〃 〃
1	3.98	3.52	9,450	17,082 〃 〃
1½	3.92	3.58	9,530	17,217 〃 〃
2	3.86	3.64	9,600	17,352 〃 〃
2½	3.80	3.70	9,680	17,469 〃 〃
3	3.76	3.74	9,730	17,559 〃 〃
3½	3.72	3.78	9,780	17,640 〃 〃
4	3.69	3.81	9,820	17,694 〃 〃
4½	3.67	3.83	9,840	17,739 〃 〃
5	3.65	3.85	9,870	17,748 〃 〃
5½	3.66	3.84	9,850	17,640 〃 〃
6	3.74	3.76	9,750	17,352 〃 〃
6½	3.92	3.58	9,530	16,857 〃 〃
7	4.16	3.34	9,200	16,155 〃 〃
7½	4.48	3.02	8,750	15,426 〃 〃
8	4.72	2.78	8,390	14,967 〃 〃
8½	4.82	2.68	8,240	14,796 〃 〃
9	4.85	2.65	8,200	14,814 〃 〃
9½	4.81	2.69	8,260	14,958 〃 〃
10	4.74	2.76	8,360	15,156 〃 〃
10½	4.66	2.84	8,480	15,381 〃 〃
11	4.57	2.93	8,610	15,624 〃 〃
11½	4.48	3.02	8,750	15,849 〃 〃
12	4.40	3.10	8,860	
			總計	$785,394\times10^3$
			平均	9,090

觀上表，可知洩量之消長，自每秒 8030 立方公尺，至每秒 9870 立方公尺；又每二十四小時之平均洩量，二者俱稍超過每秒 9000 立方公尺。故計劃排洪道所用計算，以半潮水位為據，信無大誤。至精密研究，當另由本處設計組為之。

3. 河槽儲水量

六閘水位，不受江潮影響，故上游排來之水量，當亦不受影響。但江潮漲高時，其洩量必減，或較平均洩量為少。是須減少之量，暫儲於槽，俟落潮時，與上游排來之水，一併歸入揚子江。

每次潮水，減少洩量，總計 12.3 兆立方公尺。故排洪道之有潮水一段，應備有充分容量，以資暫儲。

整理秦淮外河上游赤山湖初步計劃

周鎮倫

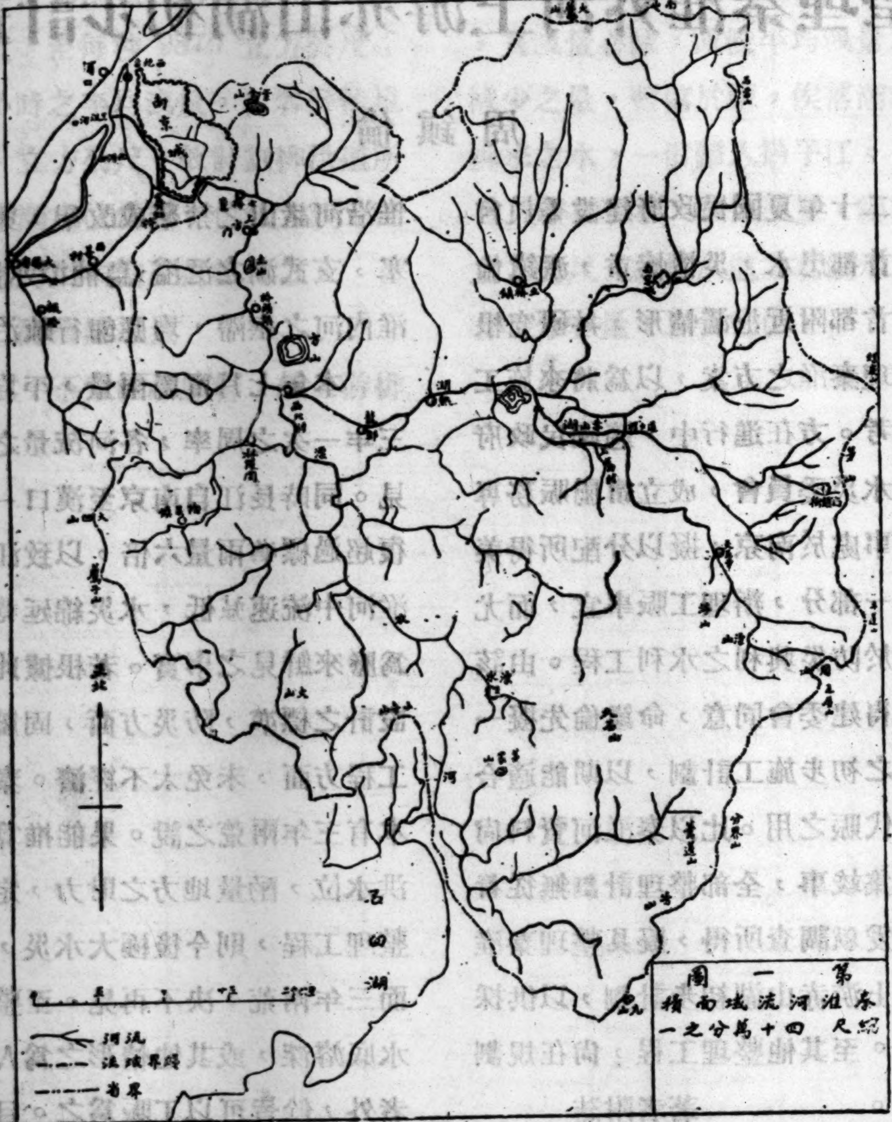
二十年夏國民政府建設委員會，以首都患水，災情慘重，派鎮倫調查首都附近氾濫情形，幷硏究根本治理秦淮之方案，以爲將來施工之參考。方在進行中，適國民政府救濟水災委員會，成立甯屬賑務專員辦事處於南京，擬以分配所得美麥之一部分，辦理工賑事宜，而尤注重於防災與利之水利工程。由該處商得建委會同意，命鎮倫先擬一簡略之初步施工計劃，以期能適合以工代賑之用。比以秦淮河資料尚未搜集竣事，全部整理計劃無從着手。爰就調查所得，擬具整理秦淮外河上游赤山湖初步計劃，以供採擇焉。至其他整理工程，尙在規劃中也。　　著者附誌

一、　整理秦淮河應注意之各點

本年大水爲災，甯屬六縣，受害非淺，若不早籌治本方法，後日水患，正未有已。在防洪與振興水利方面觀察，目前甯屬最宜急辦者，厥惟整理秦淮河。而與秦淮河有密切之關係，且宜首先注意者，厥惟沿河諸山之禁墾或改墾，與赤山湖之淤塞，玄武湖之泛溢，烏龍潭水道之幽閉，秦淮內河之壅滯，均應即行疏治而已。

本年七月甯屬雨量，平均爲一百四十三年一次之周率，各河流量之大，可以想見。同時長江自南京至漢口一帶之雨量，復超過標準雨量六倍，以致江流倒灌，秦淮河中流速減低，水災綿延竟至數月，誠爲歷來鮮見之事實。若根據此種情形，爲設計之標準，防災方面，固屬甚爲周全，工程方面，未免太不經濟。秦淮河流域，本有三年兩荒之說。果能推算逐年致荒之洪水位，酌量地方之財力，定一最經濟之整理工程，則今後極大水災，雖仍不免，而三年兩荒，決不再見。至整理工程，除水底濬深，或其他情形之爲人力所難勝任者外，餘皆可以工賑爲之。目前天氣嚴寒，災民遍野，苟能撥發美麥及現款若干以充工賑之用，不第救濟無數災民，卽秦淮流域三十餘萬畝稻田，亦不至爲洪潦而淹沒，十餘萬之農民，不至爲水災而失業，首都繁盛之區，不至爲水積而妨礙交通矣。

二、　整理秦淮河之方法



第一圖 秦淮河流域面積 縮尺四十萬分之一

整理秦淮河之方法甚多，茲特簡述於左：

（一）疏濬便民河，以分秦淮上游水勢；

（二）整理赤山湖，以增蓄水容量；

（三）疏濬秦淮河（即秦淮外河自三岔鎮起至三汊河口止）以免水流壅滯；

（四）整理玄武湖，以減秦淮下游水勢；

（五）疏通烏龍潭水道，整理秦淮內河，以速宣洩；

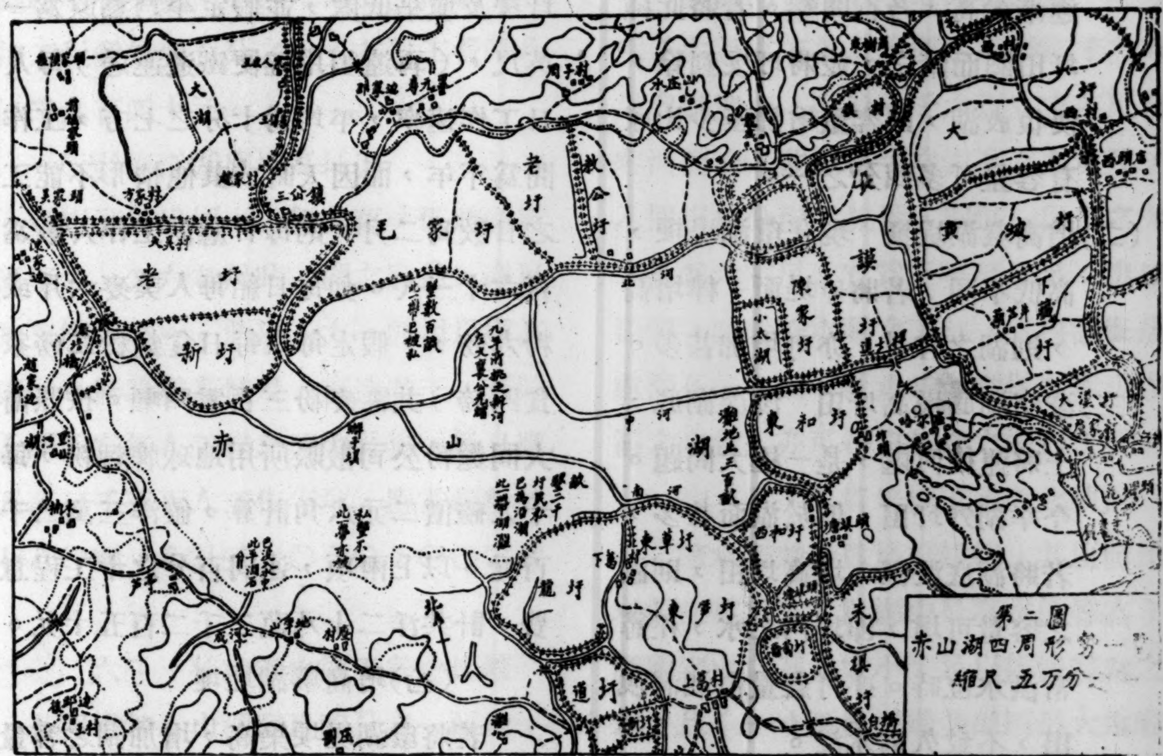
（六）整理流入秦淮河之各支流及兩

旁岸堤，以防影響秦淮本身水流情形；

（七）禁止沿流諸山墾種，或改墾種爲栽林，以清水源；

（八）化用上述各法以達最經濟之整理。

爲根本上之整理計，上述各法，固皆一一重要。但爲事實所可能，經濟所應許，並對於整理秦淮河有直接之影響者，莫若（二）（三）（四）（五）四項。今由實地踏勘後所獲之結果，與從各方所得之資料，作一關於各項應施工程之概算，俾作目前急待散賑之災民工作支配之參考。至最經濟之整理，與極精準之估計，須俟詳細測量設計後，始能確定。



第二圖　赤山湖四周形勢一覽
縮尺五万分之一

三、　赤山湖之面積及容積

赤山湖四周之堤埂，並不等高。北部堤身，平均高約三公尺。湖底較堤頂，平均差約十二英尺半。堤身坡度，兩傍均爲一比一。湖底面積爲二二五一三畝。離堤面三英尺時湖之面積爲二二六〇〇畝。若湖最高水位離堤面三英尺，即有容量一，三四二，〇〇〇，〇〇〇立方英尺。若能將湖之容量再增加四分之一，即三三六，〇〇〇，〇〇〇立方英尺，則將來對於尋常洪水期間，自可延長不少，而秦淮河身，亦不至受泛溢之害矣。

四、　整理赤山湖

整理赤山湖唯一之目的，在增加湖之容量，便在大汛時期有蓄水之功能，不使山洪直瀉，泛溢秦淮。欲達此目的，其辦法有三，可擇一行之。

(一)廢田還湖　赤山湖外之新圩老圩毛家圩等，古時原爲湖址，後以逐漸淤高，乃行開墾。若將此種圩田圈而購之，並將圩埂剷除，便復成湖，則容量增加至少比原有容量可多四分之一。

(二)增高環湖堤埂　現在環湖堤埂，高低不同，若將原堤面一律增高，則湖之容量，亦可增加甚多。

(三)浚深湖底塡高圩田　浚深湖底，土將運往何處，是一極大問題。今幸湖外圩田，低於湖面甚多，若將湖底浚深，塡高圩田，則湖之容量可增，卽圩內之水，在尋常洪水位時。亦可盡量由涵洞洩出，不致久爲水浸。

五、　整理赤山湖工費之估計

(甲)廢田還湖

假定將新圩老圩毛家圩盡行圈購之，可得圩田面積五千六百三十畝。若田價每畝以四十元計，則購田費應需洋二十二萬五千二百元。圩埂應剷除者，計有五千公尺，或一萬六千四百零四英尺之長。平均高度爲十二英尺，兩旁坡度爲一與一之比，圩面平均爲十二英尺寬，共計土方四萬七千三百方。假定湖中最高水面離堤面三英尺，則因廢田還湖而增加之容量，卽爲三三五，五〇〇，〇〇〇立方英尺。(適爲湖容量三分之一)若將此泥土修築附近圩埂及塡築低處，並假定平均奪遠爲一千英尺，(再遠須用輕便鐵道運送)每人每日工作速率，平均爲十分之七方，工作時間爲半年，而因天時或其他情形不能工作之日數爲二月，則每日應需工作人數爲五百六十三人。如每日給每人美麥六斤或麵粉六磅，(假定每人每日食麵粉二磅家屬食四磅)共需麥粉三百零四噸。按照南京大同麵粉公司散賑所用地球牌麵粉，每四十九磅價二元六角計算，值洋三萬二千三百元。以上兩項，連同百分之十工程意外費，計共洋二十八萬三千二百五十元。

(乙)增高環湖堤埂

若將環湖堤埂築高，增加湖之容量，比原有容量多四分之一時，其周圍至少須增自一公尺半至二公尺之高。(因圩面高低不平)自赤山湖中河入口處，上至盧家村，兩旁堤埂，平均亦須增加一公尺，以防湖水泛溢。假定平均以增高一公尺半或四，九二英尺計，湖河坡度不變，並將泥

土盡塡於圩田之側，如此辦法，湖河容量，决不受增高堤埂之影響。圩田方面之坡度，為二、五比一，該地泥土，純係粘土，且在圩田之側，此種坡度，極為安全。依此假定，則增高堤埂應有之土方，祗有一萬一千零三百二十方，每日工作，應有一千三百十四人，如照工作半年計算，僅需麵粉七百十噸，合洋七萬五千四百元。若加工程意外費百分之十，共需工費洋八萬二千九百四十元。

(丙)浚深湖底塡高圩田

假定湖周堤埂，一仍其舊，僅將湖底浚深至二、二六英尺時，湖之容量，亦可增加至四分之一。此項土方，卽用以塡高圩田，今無論塡高幾尺，駕遠若干，若照以上所假定每人工作之速力計算，每日應有五萬三千三百人工作半年，應需麵粉二八七八〇噸，合計三，〇五〇，〇〇〇元。

六、整理赤山湖工費之比較

若照增加赤山湖容量四分之一而論，上述三項整理之工費，首推增高環湖堤埂為最經濟，且與防災興利，俱不抵觸。除工程意外費略需現金外，餘皆可以工賑立時興辦，其有益於災民農田，豈淺鮮哉。

七、湖水出口大小之決定

赤山湖蓄水之多少，恆以容積之大小而定，蓄水期間之長短，恆視出口之大小而斷。依理論而言，在一定時間內，流入湖之水量應先明瞭，然後流出之量，可以依據下流河道最大之容量而確定之。今旣未施細測，又無關於此項之研究，目前為初步估計，惟有由從前所推得之秦淮河最大流量，而定湖水出口之大小。

秦淮河在陳家邊最大之流量，為每秒四千六百立方英尺。假定每秒三千立方英尺自湖洩出，其餘一千六百立方英尺自句容河而來，並假定平均瀉高為九英尺，以八個出口分配其流量，則每一出口之大小，長為六英尺，寬為五英尺已足。出口之涵洞，造於滾水壩之下部，底與湖底最低處同在一平面。低水時如欲保存赤山湖上游之水量，亦可築以相當之調節工程。

八、蔴培橋滾水壩之估計

滾水壩將沿蔴培橋建築，其頂面比湖堤低三英尺。（與湖中最高水位等高）上節所定出口洞之大小，足以排洩尋常之洪水，且（一）不使超過秦淮河最大之容量，（二）不使尋常洪水位高過滾水壩之頂。此壩全為備防最大洪水並湖堤泛溢之用。秦淮河之堤面離最大容量時之水位，尙差三英尺，卽使湖中水位超過滾水壩面，秦淮河亦不至受泛溢之害也。

假定壩長為二百英尺，高約二十五英

尺，（最好造於石基之上）壩面爲抛物線形，（出水口卽造於其下）全部以一比三比六之混凝土造成之，兩端上下，亦應造以混凝土之翼牆以防冲刷，共需混凝土八百五十方。在秦淮上游地方而論，每方混凝土，連木殼工資一併在內，至少需洋六十元左右，共應用洋五萬一千元。預備壩基一切工程連抽水在內，約需洋一萬元，加工程意外費，一切共需洋六萬七千一百元。

九、　九河入湖處石閘之估計

九河者，自三岔鎭永盛橋進赤山湖之舟行大道也。進湖口處，寬約二百餘英尺，多季水不甚深，舟行甚少。但至春夏之時，往來湖內之船，恆由此河行駛。今赤山湖四周堤埂，旣將增高四、九二英尺，則在三岔鎭之九河口，若不設法控制，不第湖失蓄水之功能，卽三岔鎭亦將成爲澤國。最簡易方法，惟有於九河入湖之處，擇一相當地點，建築石閘一座，水大則閉，以防淹沒三岔。水小則啓，以便船隻往來。石閘頂面與湖堤等高。洪水之時，水之宣洩，完全由蔴培橋滾水壩下之涵洞出口。石閘寬爲十二英尺，長爲四十英尺，以一比三比六鐵筋混凝土築成之，一切費用約需洋一萬二千四百元。

十、　整理赤山湖之概算

整理赤山湖之方法旣如上述，今將應需之工程費概括於左：

增高環湖堤埂	洋八萬一千九百四十元
滾水壩建築費	洋六萬七千一百元
石閘建築費	洋一萬二千四百元

以上三項工程，共需洋十六萬二千四百四十元。

建築石閘與滾水壩時，可支配工賑之事亦甚多，假定每日工作以一百人計算，半年應需麵粉五十四噸。故整理赤山湖，應共需麵粉七百六十四噸，或美麥一千〇十八噸，現洋五萬四千四百四十元。

十一、　整理赤山湖後之利益

整理赤山湖，其利益有五，茲特述之於左：

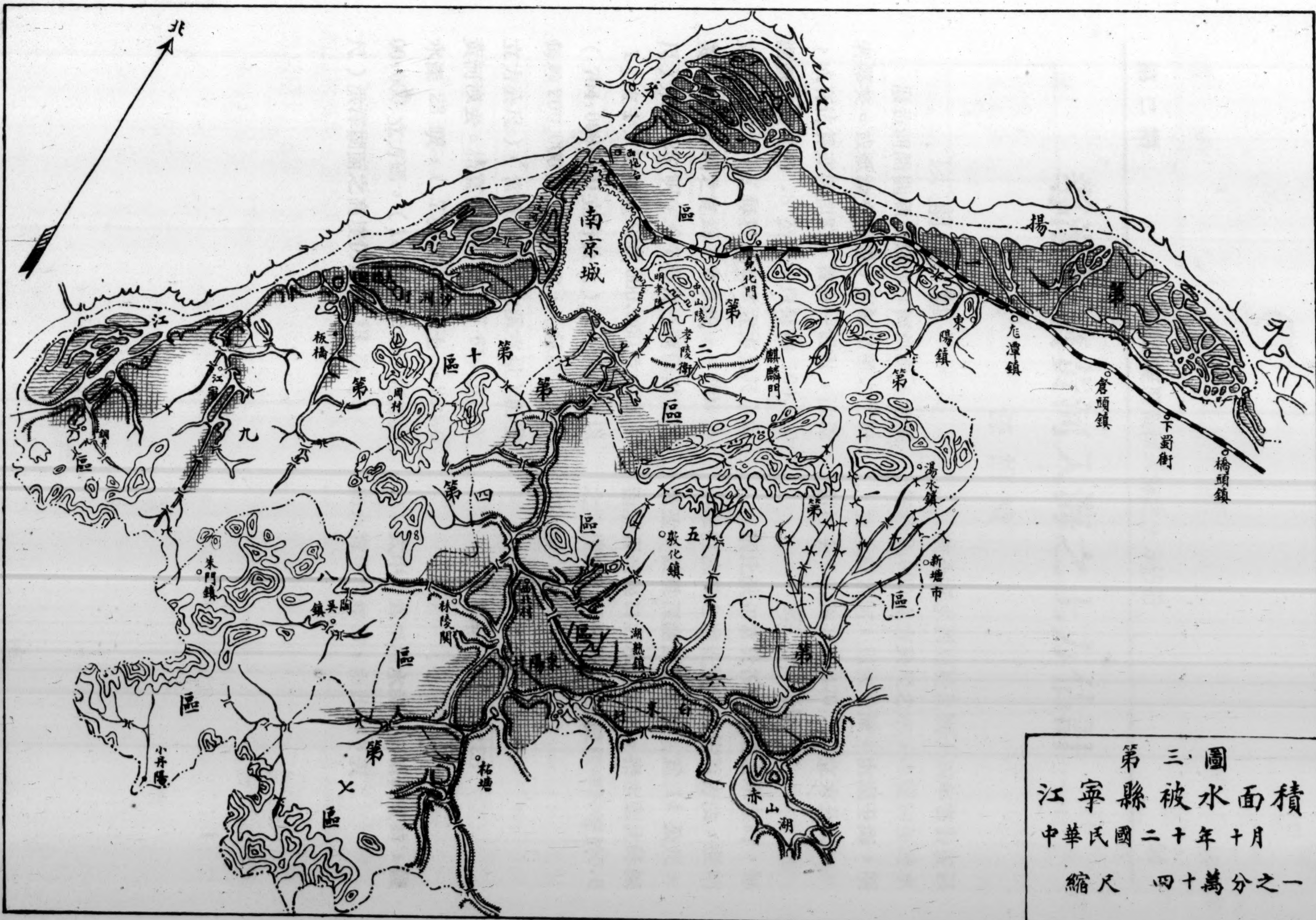
（一）延長洪水期間；

（二）減少秦淮河之洪水峯；

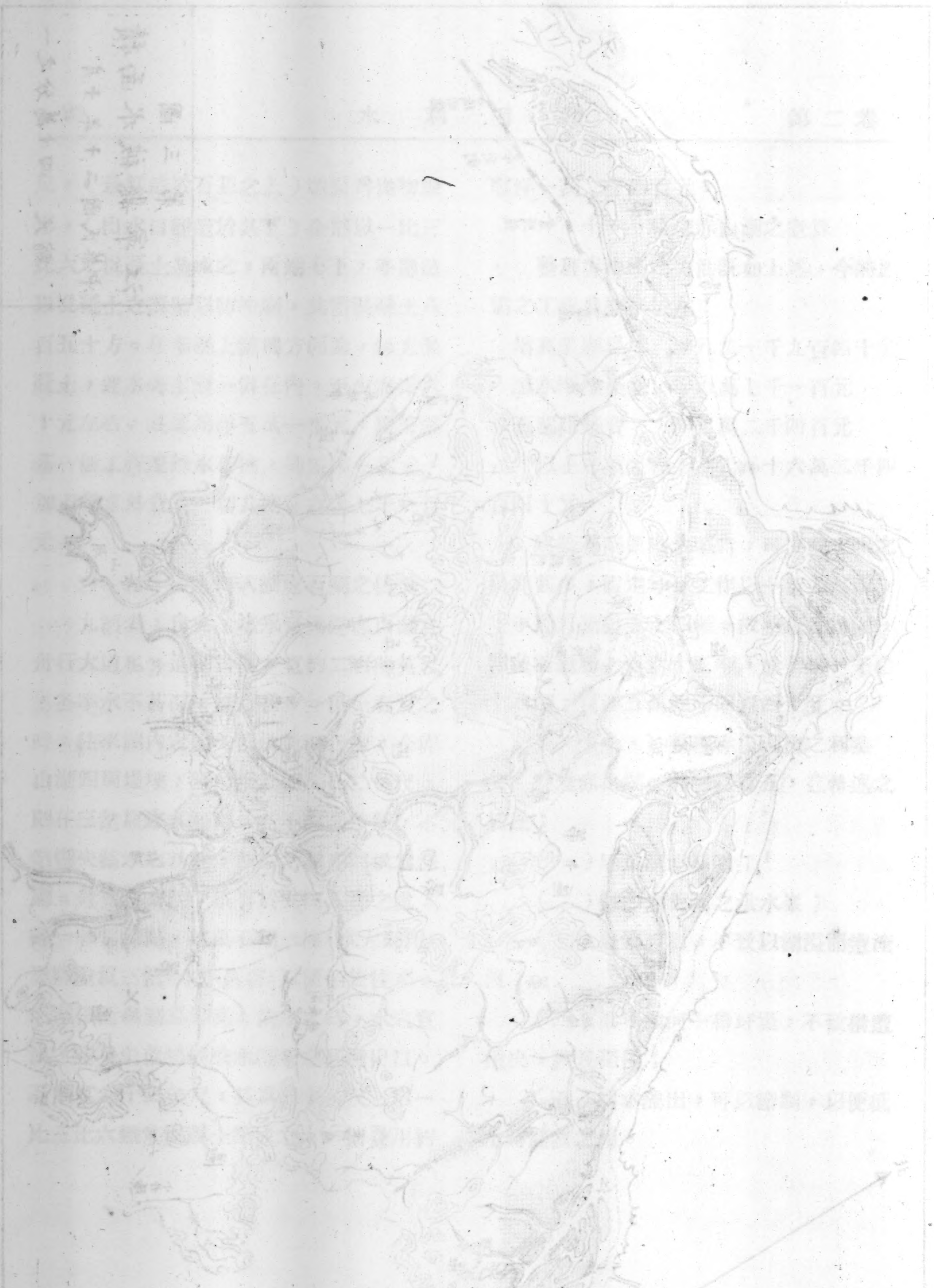
（三）近湖圩田，不致以湖溢而遭淹沒；

（四）沿秦淮河一帶圩堤，不致橫遭潰決，殃及稻田；

（五）湖水流出，可以節制，以便低水時灌溉之用。



第三圖
江寧縣被水面積
中華民國二十年十月
縮尺 四十萬分之一



導淮經廢黃河入海之土方估計

汪胡楨

以前估算

廢黃河開闢新槽以洩淮河洪水，主張者夥矣。或祇論文伸說，而無精確之估計，或有估算亦極粗略。嘗有一設計，洪澤湖面高度定爲 13 公尺，以每秒 100,000 立方呎之水，（每秒2,852立方公尺）由黃河洩去。槽之寬爲1,000呎，（305公尺）水深 23 呎，（7公尺）兩側岸坡橫 1½直 1，計挖土 920,000,000 立方碼。（704,000,000立方公尺）又一計劃，以每秒200,000立方呎之水，（每秒 5,664立方公尺）（當時淮河最大洪水量）由廢黃河洩去。槽寬2,000呎，（610公尺）水深 23 呎，（7公尺）計挖土 1,880,000,000 立方碼，（1,430,000,000立方公尺）洪澤湖面之高度仍定爲 13 公尺。

前全國水利局於民國十四年嘗計畫以每秒3,000立方公尺之水，經鹽河至漣水，折入廢黃河，以洩於海。由湖至海，所需挖土，估爲503,470,510立方公尺。

現在估算

欲比較相當於各種不同之水深時，每一單位洩量之挖土量，其估算方法，擬稍修改。設洪澤湖面之高度，爲 14 公尺，而廢黃河海口之水面爲零，得水頭比降線之降度爲0.0000596。又設糙率N等於0.025 得

$$C=\frac{89}{1+\frac{1.225}{\sqrt{D}}}$$

式中D爲平均水深，河槽較寬時，幾與水緊半徑相等，由此得下表：

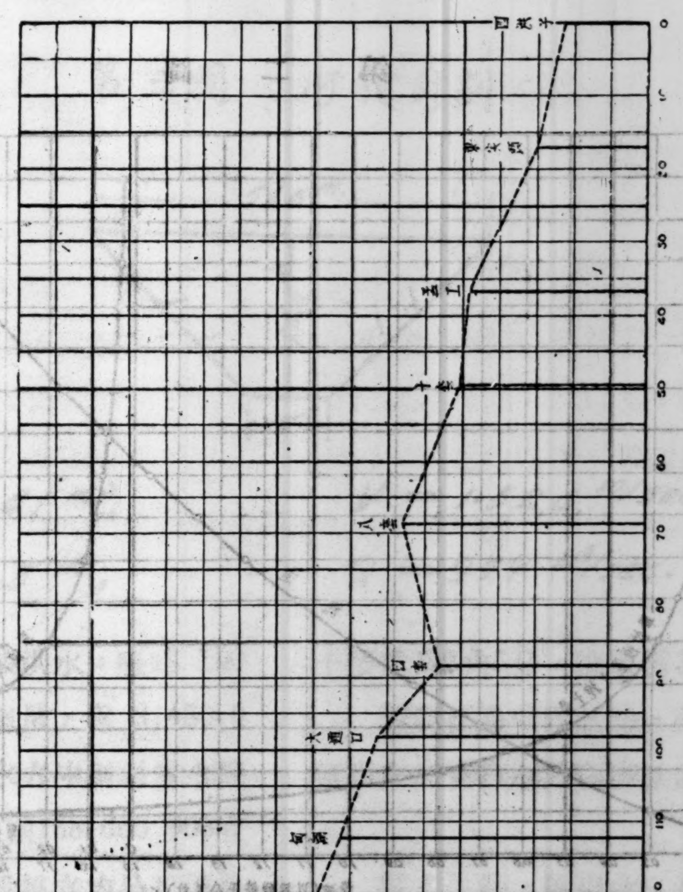
D	$\sqrt{D}$	$1+\frac{1.225}{\sqrt{D}}$	C	$V=C\sqrt{DS}$	DV	$W=\frac{Q}{DV}$ $Q=1$	挖土面積	單位洩量之挖土量
m				m/sec.		m	m^2	m^3
1	1.000	2.225	40.0	0.309	0.309	3.236	609,000	1,971,000
2	1.414	1.866	47.7	0.521	1.042	0.960	819,000	786,000
3	1.732	1.707	52.1	0.697	2.091	0.478	1,029,000	492,000
4	2.000	1.613	55.2	0.852	3.408	0.293	1,239,000	363,000
5	2.236	1.548	57.5	0.993	4.965	0.201	1,449,000	291,000
6	2.449	1.500	59.3	1.121	6.726	0.149	1,659,000	247,000
7	2.646	1.463	60.8	1.242	8.694	0.115	1,869,000	215,000
8	2.828	1.433	62.1	1.356	10.848	0.092	2,079,000	191,000
9	3.000	1.408	63.2	1.464	13.176	0.076	2,289,000	174,000
10	3.162	1.387	64.2	1.567	15.670	0.064	2,499,000	160,000
11	3.317	1.369	65.0	1.665	18.315	0.055	2,709,000	149,000
12	3.464	1.354	65.7	1.757	21.084	0.047	2,919,000	137,000
13	3.606	1.340	66.6	1.849	24.037	0.042	3,129,000	131,000
14	3.742	1.327	67.1	1.938	27.132	0.037	3,339,000	124,000
15	3.875	1.316	67.6	2.022	30.330	0.033	3,549,000	117,000
16	4.000	1.306	68.1	2.103	33.648	0.030	3,759,000	113,000

上表第八行所列之值，為自廢黃河槽縱斷面圖上量出相加而得。廢黃河槽縱斷面，示如第一圖，係將南北兩隄間河槽最深處、取橫斷面1公里寬之高度平均而作，所以得河床更切近之眞實情狀也。表之末行，為七行八行相乘之積，故得單位洩量之挖土量。河槽寬度，流速，及單位挖土量各值，繪如第二圖。

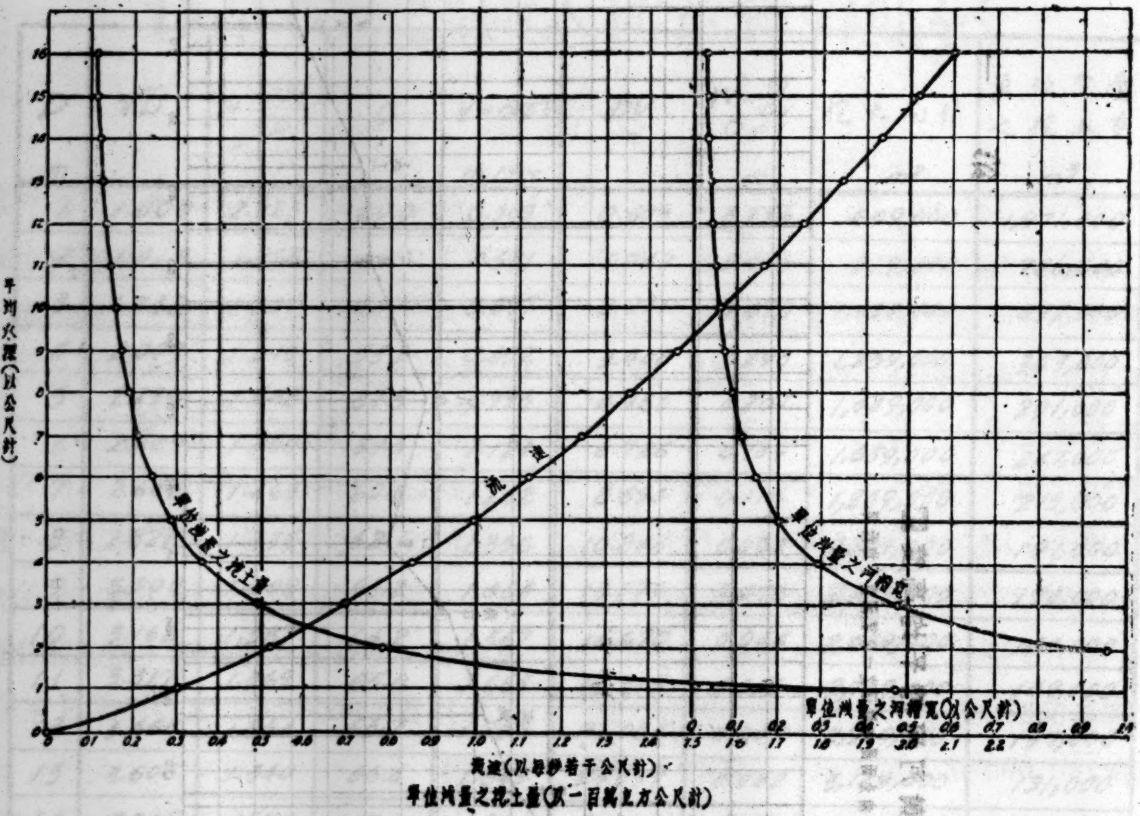
第一

廢黃河河槽平均高度圖

依據南北兩堤內最深之一公里裏最低平均而得



第 二 圖



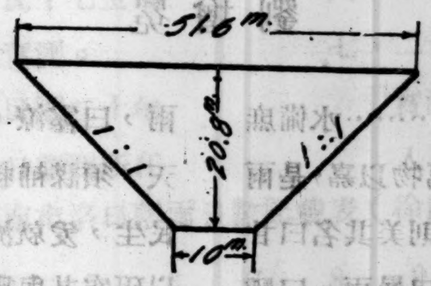
廢黃河河槽之地，俱屬公地，故僅挖土之費爲總費之大宗。由圖及表，可見水深漸增，則挖土量與槽寬，遞減極速，迨至5公尺以上，則遞減較緩。而流速則依水深之漸增而均加。使所需流速爲每秒 2 公尺，則欲洩每秒 10,000 立方公尺之洪水，開挖之槽，自水頭比降線量起，需深 14.7 公尺，其寬爲 340 公尺，挖土 1,188,500,000立方公尺。由此觀之，以任何巨量之水，由廢黃河洩去，似工程過費不足取也。

水力冲刷之河槽

費禮門君嘗建議，利用天然水力冲刷洪水河槽。依其估計，挖土之80%，卽以冲刷成之。

試一觀察淮河平均水流狀況，每秒1,000 立方公尺之洪水，恆於每年七，八，九三月見之。下圖爲一河槽計畫，洩量近於每秒1,000 立方公尺，流速每秒 1.524 公尺，或每秒5呎。

第三圖　河槽計劃



$A = 641\ m^2$, $V = 1.524\ m/sec.$

$R = 9.3\ m.$, $Q = 977\ m^3/sec.$

假定河槽之中，排洩洪水，歷時 100 日，則洪水之季，洩去總量，爲 8,430,000,000立方公尺。又設水力冲刷而爲水挾持之固體物，爲2%，將冲刷168,600,000立方公尺，而播之於海。設每立方公尺價銀1 角，是卽16,860,000元之土方工程，爲天然所作也。使冲刷之功，逐歲見效，七年之後，卽得一槽，可洩每秒10,000立方公尺之水。

欲利用冲刷之功，先以人力闢鑿一槽，計挖土 146,800,000 立方公尺。單位挖土價設爲2角5分，總價需36,700,000元。

若能經過精確試驗，證明冲刷之法，可以施諸實行則此項辦法極有考慮之價値。

按本估計，係以前江淮水利局，初開辦時測量之廢黃河圖爲根據，與後測者不同。旋發覺該局水準零點，先後並不一律，函詢主持該局最久之沈秉璜先生，答稱確已更改，若此則本估計所用高度已失根據，數値亦難援用，惟所取研究方法似屬創作，故姑存之耳！　著者自跋

雨量與農業

劉增冕

洪範載庶徵，曰雨曰暘……水備庶草蕃廡；爾雅稱甘雨時降，萬物以嘉，是雨之降也，必有節，必以時，則美其名曰甘霖，曰膏雨，曰靈霂，否則曰暴雨，曰驟雨，曰霪潦。顧降雨雖係天造，要人定勝天，須謀補救，而後可以裕農收，可以利民生，爰就濟南附近歷年雨量統計比較，以研究其與農業之關係。

（表甲）　濟南雨量歷年統計表

年別＼月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年總雨量	廿四小時最大量	
民國八年			9.9	10.2	24.6	77.5	67.6	81.0	5.6	1.6	11.0	4.5	(299.5)	29-8	56.8
九	6.6	25.1	7.2	2.1		9.8	148.3	120.5	111.0	0.0	6.7	10.2	(447.5)	16-7	49.8
十	6.8	9.9	10.9	12.0	12.8	51.4	328.6	291.5	64.5	15.8	6.0	7.8	817.0	18-7	108.7
十一	3.2	0.0	0.0	20.0	24.4	51.2	205.2	68.6	48.6	0.0	0.0	0.7	421.9	16-7	73.2
十二	10.6	11.4	21.4	16.0	54.8	79.0	170.2	144.0	24.4	47.8	0.0	0.0	575.9	23-7	73.6
十三	0.0	0.0	0.0	22.9	14.6	32.5	142.0	24.9	10.5	53.5	0.0	0·0	400·9	6-7	64·8
十四	0·0	0·0	0·0	0·0	47·0	82·3	117·8	61·2	0·0	0·0	0·0	0·0	310·3	31-7	45·2
十五	9·2	12·8	8·5	13·7	11·1	6·6	311·9	150·0	15·2	28·7	63·2	11·5	682·4		
十六	39·8	6·8	9·9	20·6	14·5	23·7	60·6	60·4	37·5	71·6	14·1	10·1	371·5		
十七	21·1	0·5	8·4	36·9	1·2	133·2	184·0	288·0	27·2	0·0	33·6	16·3	751·3		
十八	10·5	7·7	2·1	39·4	22·5	38·4	245·5	249·7	2·2	22·2	0·0	73·3	714·5		
十九	2·0	28·7	18·4	6·5	50·0	24·8	203·8	331·7	35·7	54·7	4·1	3·5	768·7		
二十	4·9	0·9	8·4	9·6	62·2	59·6	118·8	318·8	38·0	0·5	58·7		(680·2)		
歷年月平均	9·6	8·3	8·1	16·2	28·5	48·4	177·2	168·1	35·3	25·2	11·6	11·1	560·1		
各月對年之百分比%	2	2	2	3	5	8	31	30	6	5	3	3	100		
總計	六，七，八三個月雨量佔全年十分之七；六，七，八，九四個月雨量佔全年四分之三。														

說明一、民國八年一月，至十四年十二月，根據順直水利委員會在洛口所設雨量站實測，洛密邇濟南，故雨量數尚可用，洛口站雨量器上口距地面一尺。

二、民國十五年，根據齊魯大學天文台在南圩子外所設雨量站實測。

三、魯建廳民十七在泰安成立，卽令魯建設局設站測雨，民十八移濟南自行施測，民十七至二十年各數根據建廳實測。

四、民國十五年一月至民國二十年五月，並參考濟南日領測所在商埠經四緯七雨量站之報告。

五、雨量以公厘(m.m.)爲單位。

六、○、○無雨量——缺測。

七、二十年六月至十一月根據本所實測，係補塡統計比均未及加入。

（表乙）濟南市洛口落雨日數記載表（徐匯台記册）

年別＼月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總數
1919	一	一	2	2	5	5	4	4	1	1	1	1	33
1920	1	6	3	3	一	2	6	9	9	0	2	3	44
1921	1	1	3	5	4	3	8	5	3	4	1	1	49
1922	1	0	0	1	2	2	8	5	1	0	0	1	21
1923	2	2	3	2	2	4	5	5	2	2	0	0	29
1924	0	0	0	2	2	3	9	2	1	1	0	0	20
1925	0	0	0	0	3	6	4	4	0	0	0	0	17
平均日數	0.8	1.5	1.6	2.1	3.0	3.6	7.3	6.3	2.4	1.1	0.6	0.9	31.2

全年降雨日數爲31.2天，佔全年11.7%　而晴佔88.3%，足徵濟南無霉雨之苦

（表丙）農禾灌漑深度標準表（深度爲公厘，月分爲陽歷）

禾別＼節氣＼月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	水量共深
	大寒 小寒	立春 雨水	驚蟄 春分	清明 穀雨	立夏 小滿	芒種 夏至	小暑 大暑	立秋 處暑	白露 秋分	白露 霜降	立冬 小雪	大雪 冬至	
春禾				種植 65.		65.	65.	65.					260.
夏禾						植種 130.	130.	65.					325.
冬禾	今年月			發芽 63	130				種植 65 出日月				260.

如小麥等種於秋後者爲冬禾，玉米穀子，高粱等種於夏季者爲夏禾早穀早稻等種於春季者爲春禾。

冬季蒸發量小，故毋庸多施灌溉，夏季蒸發量大，故月需灌溉以補雨水之不足。

（表丁）穀農二年輪作表

魯南滕嶧一帶

第一年			第二年			
四月	八月	九月	四月	五月	九月	十月至翌年三月
清明穀雨	立秋處暑	白露秋分	小滿	芒種	白露	
高粱種	高粱穫	小麥種	小麥穫	穀子種	穀子穫	地休間

（表戊）穀農一年輪作表

五月	九月	至翌年四月
芒種	白露　同時	小滿
穀子菸草一種	穀子菸草穫　小麥種	小麥穫

（表己）農禾需水量表

白列格(Briggs)項志(Shanlz)試驗

作物名稱	平均需水率	種植期	收穫期	備考
黍	293mm	陽歷六月七日	陽歷八月廿四日	
粟	310	六月七日	八月廿四日	約數
高粱	322	四月六日	八月十日	
玉米	368			
小麥	483	九月八日	翌年　六月七日	
大麥	323	九月一日	五月六日	
蕎麥	598	六月七日	同年　九月八日	
燕麥	597			
黑麥	685			
水稻	710	四月六日	八月廿二日	
糖蘿蔔	397	六月六日	十月廿三日	

馬鈴薯(早)	636	四月六日	六月廿一日
,,　(晚)	636	八月十五日	十月廿二日
陸地棉	646	四月七日	九月廿一日

(表庚)濟南麥禾穫得雨量歷年統計表m.m

項別／年別	六，七，八，三個月雨量總數	除六，七，八，三個月餘月雨量數	一至五月雨量總數	去年九，十，土，三月雨量總數	麥穫雨量	備考
民國八年	226.1	73.4	44.7			
9	278.6	168.9	41.0	28.7	九年麥穫雨量 67.7	
10	675.5	141.5	52.4	127.9	十,, 183.3	
11	325.0	96.9	47.6	89.5	土,, 136.7	
12	373.2	182.7	110.5	49.3	圭,, 159.8	
13	299.4	101.5	37.5	72.2	圭,, 109.7	
14	261.3	49.0	47.0	64.0	吉,, 113.0	
15	468.5	213.9	55.3	0	圭,, 55.3	
16	144.7	226.8	91.6	58.6	夫,, 250.2	
17	605.2	146.1	68.1	135.2	七,, 203.3	
18	534.6	179.7	82.0	78.0	大,, 160.0	
19	565.3	203.4	105.6	97.7	九,, 203.3	
20			85.8	97.8	手,, 183.6	

上列數表，覽甲表知濟南歷年各月雨量之情形，乙表爲降雨日數，丙表爲穀禾各期灌溉標準深度，丁戊表爲輪作情形舉例，己表爲農禾需水量數，各禾不具論，茲就小麥論之。

照己表小麥需水率爲483公厘，綜視庚表統計表麥禾歷年所得雨量數，均小於此數，欲期稔收，勢必須灌溉以補足之，補足數量，丙表冬禾260公厘爲其約數，曩昔作者嘗馳車兗濟一帶，汶岸甯滋諸邑，盛行車水灌田，(現新舊式水車並用，均係畜力)見夫施灌溉者，麥禾芃芃，其不溉者，奄奄就槁，一隴之隔，嘆潤判然，時方初夏，行至汶邑，途遇大雨滂沱，行李淋漓，縣令章錫銘勞之於野，笑稱爲戴雨李靖，農民得歌大有，余遂以灌溉足

勝天工對，至縣署章令即草勸民灌漑五言行一首，印佈民衆，冀利民生，增冕作統計表至此，忽憶舊事，遂掦管誌之，蓋考驗雨量係屬觀測氣象範圍，要知天時實與農事攸關，未可忽視，建設會內政部，一再通令全國設雨量站測驗雨量氣候，用意良深，至某禾需水若干？雨量需足否？或本地雨量宜否藝某禾？灌漑水量須設計至何數，綜覽以上數表，知所考鑒矣。

至於旱潦應如何謀補救？農產應如何謀增益？自有水利學，灌漑學專書，拙著水利概要書中及關於此項灌漑排洩淤肥等工程，已擇要闡述，非本篇所能盡，閱者諒之。

惟是增冕學識譾陋，據說立論，不免紕繆，幸乞　明達指敎！

民二十，十二，四。

劉增冕於魯建廳氣象測候所


民國年數
雨量（以公厘計）

水準零點之比較

徐　獢

1.　導淮委員會水準零點

導淮委員會圖籍，所用零點，爲與前江淮水利局一致起見，卽用該局所定零點，查此項零點，不過以廢黃河口，民國元年十一月十一日下午五時之低水面，假定之以爲海平面也。

註：　後悉該水利局，曾另用新零點，據謂經多年觀測，爲平均海平面。但現既不能追溯其記載，又不能確定其何年取用新零點？而新舊二者，相差若干？又一無所知，然其大多數測量，概依新零點，可以無疑。

2.　濬浦局水準零點

濬浦局水準零點，通稱爲吳淞零點。欲比較前江淮水利局水準零點，與吳淞零點，二者相差，本會曾派副工程師二人，於揚子江兩對岸，各設一水尺。南岸水尺，設於大港鎭，用水準儀聯接於揚子江水道整理委員會所設依據吳淞零點之第三一六號水準標點。北岸水尺，設於荷花池，而聯接於依據江淮水利局零點所設之四方橋水準標點。自民國十九年三月二十四日至四月十八日，兩尺同時每隔十分鐘，記其讀數。假定揚子江南北兩岸，水面高度相等，因之決定吳淞零點，低於江淮水利局零點，爲2.089公尺，其平均或是誤差，爲正或負0.00092公尺。

旋後又設兩站於揚子江兩岸，相隔1公里餘，用精密水準儀，往復觀測多次。北站爲本會所設水準標點第12號，在江都縣都天廟鎭西後三圩，與本會第二測量隊自洪澤湖蔣壩沿三河經高寶湖至揚子江之水準線聯接。南站在鎭江焦山，聯接於揚子江水道整理委員會所設水準標點第308號。其結果，則吳淞零點低於本會零點2.073公尺。因此種觀察較爲可恃，故附圖中復依此數修正之。

民國十五年，濬浦局黃浦水文報告第二頁，曾謂：『絕對平均海平面，低於吳淞平均水位3呎强，蓋必高於吳淞零點4呎弱也』。由此近似關係，平均海平面，示於附圖。

3.　鎭江海關水尺零點

鎭江海關水尺零點，據濬浦局所定，爲高於吳淞零點1.51公尺。

4.　京滬鐵路水準零點

京滬鐵路水準零點，高於吳淞零點0·08呎，合0·024公尺。低於江淮水利局零點2.049公尺。

5.　上海海關水準零點

上海海關水準零點，高於吳淞零點1.61呎，合0.491公尺。或低於江淮水利局零點1.582公尺。

6.　膠濟鐵路水準零點

膠濟鐵路水準零點，運河工程局採用之。低於江淮水利局零點2.089公尺。

7.　海河工程局水準零點

海河工程局水準零點，卽大沽零點。低於江淮水利局零點 0.66 公尺。

8.　順直水利委員會水準零點

順直水利委員會水準零點，卽大沽北礮台海河漲潮平常平均低水面是也。高於江淮水利局零點0.085公尺。

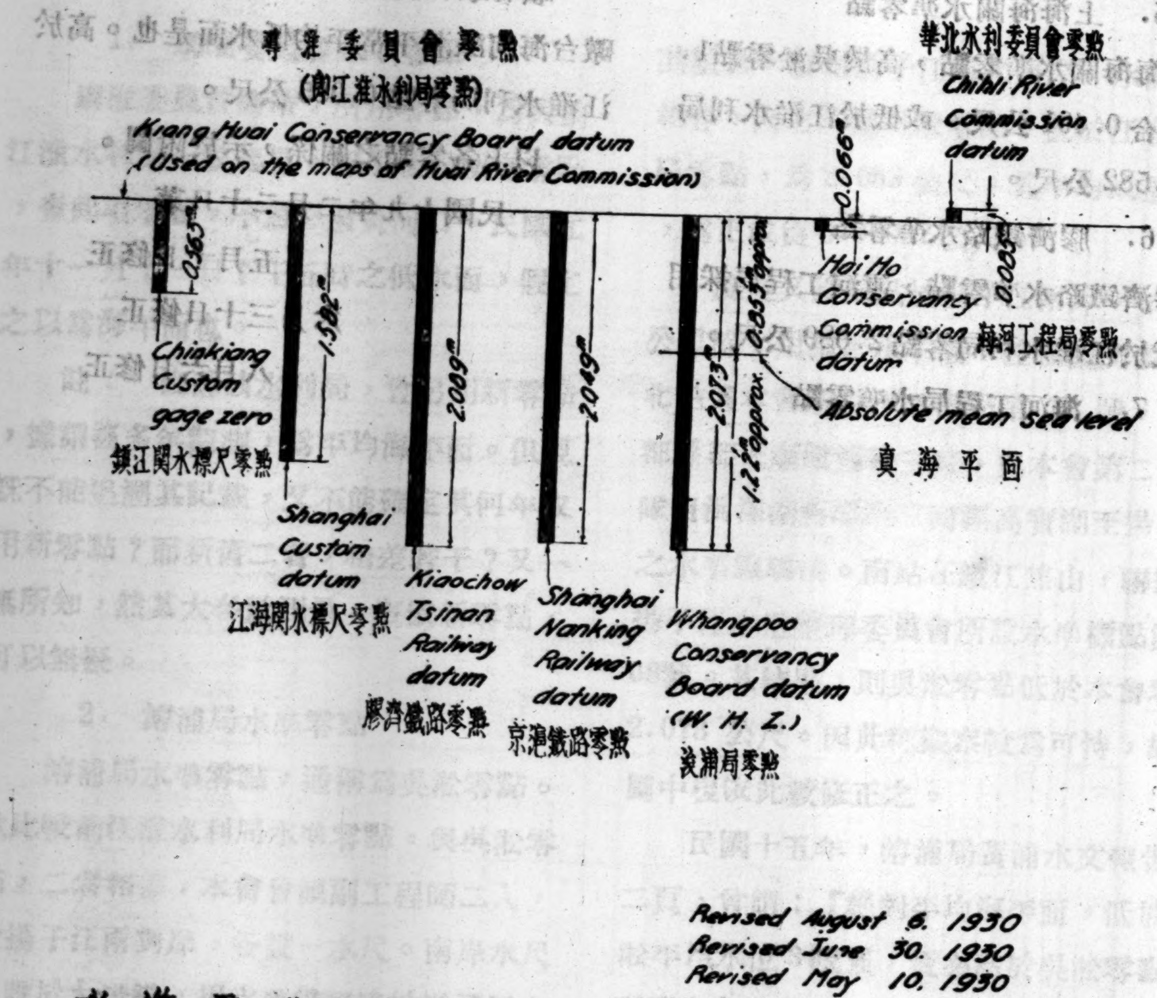
以上各零點之關係，示於附圖。

民國十九年二月二十日著

五月十日修正

六月三十日修正

八月六日修正



水準零點比較圖　十九年三月五日　T.R. 13-1

哥羅拉多河之泥沙及其與灌溉之關係

Fortier同Blaney合著 (黃懷楨譯)

"Silt in the Colorado River and its relation to Irrigation"

第一章 總論

哥羅拉多河流域之面積，幾與得撒州(Texas)相等。其常年雨量在二十吋左右之區域，足供樹木之生長者，皆在高度六千呎至一萬一千呎之間，惟土壤粗劣貧瘠，不宜耕種。低下之地，亢旱特甚，若無灌溉工程之設備，鮮有農產之可言。因受此天時地利之影響，以及工程經費之限制，故至今流域內已行墾植之面積，約僅七百萬畝，尚不及其總面積之百分之五耳。然下游地勢優良，土壤肥沃，冬日氣候溫和，種植時季甚長；而建築蓄水庫，用以調節水流，開發水力，供給灌溉，尤得天賦之利便。故若經營得法，頗饒耕種之利。

哥羅拉多河所挾之泥沙量，幾世無其匹。最經濟制馭泥沙之方法有三：(一)於峽谷(Canyon section)之下端，建築一大蓄水庫，用以積聚泥沙，並於各支流輔以小蓄水庫，以為濟助。(二)於各分渠之進口處，建築減淤工事以及沈澱塢之設備。(三)保養草原及廣播種植物，既可充裕家畜之飼料，又可減少土壤之侵蝕，直接杜絕泥沙之來源。

哥羅拉多河所挾之泥沙，皆為研磨極碎之岩石與成分無定之有機物混合而成。其色其性，常隨其水源而不同，其比重約為2.65，但其每單位容積之重量，相差頗巨。當其行經峽谷而奔流於平坦之坡度時，較重泥沙，皆沈澱而為河底泥沙(Bed Silt)，所餘懸浮泥沙(Suspended Silt)，則遠輸而至下游各流域。泥沙組織，甚為精細，微粒尤稱齊整，約百分之五十以上，皆能通過二百號篩孔。

無論天然或人工開成之河道，其平均流速超過每秒三分之二呎以上者，此精細之泥沙，皆能輸流至極遠之距離。較重微粒，雖有沈落河床之傾向，但在任何垂直斷面內，其分佈甚為均勻，是故在灌溉渠道普通流速情況之下，此種泥沙，皆得不沈。

英皮利爾谷(Imperial Valley)各渠道，年必應用機濬方法，排除巨量之泥沙。但過半數皆為河底泥沙，懸浮泥沙之沈

澱者，僅佔其所挾懸浮泥沙量之極少部份而已。流入谷內各幹渠之懸浮泥沙，皆能輾轉相輸，散佈各處。給水於用戶之後，則大部份泥沙，若非停留於溝洫之間，則亦沈澱於耕地之上矣。是故即以谷內各渠道，用於排除及制馭泥沙之經費而論，每年平均估計約在一百萬金元以上，此誠可驚人也。若於各分渠之進水口，佈以沈澱塢(Settling Basins)，流水槽(Sluice Ways)及減淤工事(Desilting Structures)諸建築，則既可防止河底泥沙之內侵，且懸浮泥沙亦可除其大半矣。

泥沙於河道內運輸之公式，其適用於外國者，爲印度諸河流所用之公式，每不適用於哥羅拉多河流域，因各地之情形，迥不相同故也。測定河流之泥沙量，通常者以重量爲標準，較用容量爲標準者，更爲普及。所謂泥沙重率百分比(Percentage of silt By Weight)者，即每百克水中所含乾泥沙重之克數，係先秤水樣之重量，然後將乾泥沙之重量衡之，而取其比值也。於來更拉壩(Laguna Dam)之下游哥羅拉多河所挾之懸浮泥沙，每立方呎乾重平均約爲62.5磅，果爾，則懸浮泥沙之重率百分比，適與其容積百分比相等矣。

哥羅拉多河每立方呎沈澱物之乾重，相差甚巨。英皮利爾谷沈澱塢中所淤積之精細泥沙，每立方呎平均重四十磅。耕地及溝洫中新行淤積之泥沙，每立方呎平均乾重約五十磅。懸浮泥沙之平均重約與水重相等，即每立方呎重62.5磅是也。哥河在余買(Yuma)及來更拉壩附近之沈澱物，每立方呎平均乾重84.5磅。英皮利爾谷渠內之河底泥沙，每立方呎平均重97磅。蓄水庫中所淤積泥沙之平均重，與其所含粗細泥沙混合之均勻程度有關，若兩種泥沙，各依普通河流所含之比例，先後沈澱，則每立方呎沈澱物之乾重，平均約爲70磅。若相互混和，則因密度增加，重量亦增，惟輕小分子過多其平均重，則鮮有超過85磅者。據最精密之估計，每年流達峽谷下端泥沙之常量，若依每立方呎平均重量85磅計，則爲253,628,000噸，或137,000畝呎。

防止泥沙侵入渠道之內部，乃爲灌溉事業成敗之最大要素。因每年消耗於排除及制馭泥沙之巨款，非但可以節省，且可使渠水暢流無阻，各種建築物使用靈活，至於保護耕地，防止淤積，以免損害土壤之組織，與減少生產之效能，則尤其效之著者也。完成此項任務之方法，經長期之研究，不外：(一)於渠道進水口，建築減淤工事；(二)使水流通過沈澱塢而入於渠；(三)應用機械力排除渠床之淤積；(四)

分散泥沙於耕地之各部。然此四者，證之以往之經驗，乃皆爲治標之計，而非治本之策也。

解決英皮利爾谷內泥沙問題之最有效而最經濟之方法，厥唯積聚水流所挾之泥沙，於一高壩之後，如在波爾多峽谷（Boulder Canyon）之計劃者。河流通過高壩後，壩之下游難免局部復被泥沙沉淤，然調節得法，用戶可導引表面清水，以供應用。河身雖有冲刷，其侵入各支流泥沙之數量，究屬有限耳。

直接測量河底泥沙之方法，至今尙未發明。最近唯有應用間接方法，作精密之估計。哥羅拉多河於余買所挾之泥沙，其河底泥沙量，約爲其泥沙總量百分之二十。依輸流至下游流域之泥沙常量而言，若於峽谷下端築一較低之壩以攔沙，實爲最愚之舉。蓋僅有容積12,000,000畝呎之蓄水庫，而上游未有其他蓄水庫之建築，則三十年後，此蓄水庫三分之一之容積，將盡被泥沙所侵佔矣。是故波爾多峽谷所擬建之蓄水庫，若其上游無新水庫之建築，則一百年內，欲其淤積泥沙量不超過其容積三分之二時，勢非攔水深至五百呎不可。他若增築水庫，擴大用水之範圍，則可延長水庫相當之生命。

因靜水壓力壓縮泥沙之結果，或謂增加壓力，卽能延長蓄水庫之生命，但此實無明顯之例證。依作者之意見，靜水壓力（Hydrostatic Pressure）對於泥沙每分子之壓力，皆持均衡，且其作用於任何方向皆相等。是故卽以蓄水庫而論，淺者所積泥沙組織之密度，與深者相等，實無差異也。

第二章　哥羅拉多河流域之狀況

研究哥羅拉多河泥沙之成因及其運輸之狀況，對於造成此廣大地面物質侵蝕之物理現象，不可不加深切之注意。氣候亢旱，缺少種植，乃爲其唯一之原因。流域之內，地曠人稀，絕少氣象觀測之報告，更鮮精確雨量之記載。約略估計之，全流域面積百分之四十，常年雨量均在十吋以下，百分之五十在十吋至十七吋之間，其餘百分之十自十七吋至二十五吋不等，高山之區，或可稍大。流域大部份，皆屬不毛之地，卽矮小之灌木與夫荆棘蕪草，亦不多見。較北之區，溫度低而蒸發少，常年十吋至十七吋之雨量，已足供林木草原之繁殖，但盡爲樗櫟之材。下游流域：氣候燥熱，蒸發甚速，所餘水分，不足供給草木之需要。僅常年雨量在二十吋左右之區域，土壤較肥，常見葱葱蒼茂之林木耳。

流域之大部，常遇暴雨，而以格林河

（Green River）口之下游爲最甚。因洪水之氾濫，致使無保護之土地，屢遭侵蝕。但多數暴雨，僅及局部，氾濫面積既小，故其侵蝕作用亦微。然有時廣大地面，暴雨傾盆，多數河流，同時氾濫，則被侵蝕而輸流至下游流域之碎石土屑，其量當不可以數計矣。



第一圖

。哥羅拉多河及多數支流，行經峽谷之總長及深度，甚爲特別。自烏台州（Utah）之格林河口至亞利桑拿州之福脫馬海夫（Fort Mohave）止，河身行經高原，長逾六百五十哩，瀉流侵蝕河床，冲刷頗深。尙有多數支流，當其行近幹河時，常湍流於深壑之間，其總長較主河行經峽谷之距離，亦有過之。河經峽谷，坡降陡峻，挾沙甚多，中高水位時，其水流卽湍急異常，所挾沙石，非但立成碎屑，卽河床亦被冲刷，侵蝕甚速。惟泥沙並不隨時沈澱，大部份將流達下游各流域而後止。

風力亦爲發生泥沙之重要媒介，流域內亢旱之部份，常見灰沙飛舞，瀰漫天空。而風成之土壤，尤易侵陷剝落，隨流他去。

農作物之繁榮，胥賴乎水分與土壤二要素。今流域之內，雨水旣少，土性又瘠，故其農產之利源，甚屬有限，高峻之區，雨量較足，頗適耕種，但土壤貧瘠，粗劣淺薄，幾等石田。低下之區，土壤雖宜耕種，雨澤又甚稀少，終年苦旱。是故人工灌溉，乃爲繁榮種植物之所必需。灌溉唯一之水源，卽取之於哥羅拉多河。一九二〇年間，上游灌溉面積爲 1,530,000畝下游爲 1,130,000 畝 ，其在墨西哥境內及基拉河（Gila River）流域之面積，亦皆包括在內。可以實施灌溉各區之面積，除約略估計外，苦無精確之記載，足資證實。最近墾務局(Bureau of Reclama tion）之估計，實施灌溉後可墾闢之面積，上游爲4,080,000畝，下游爲2,850,000畝，卽全流域爲6,930,000 畝。一九二〇年內華達（Nevada）州政府工程師之報告，謂該州可以增加灌溉面積80,000畝，其中50,000畝則盡在上游流域。

第一表示哥羅拉多河各支河流域面積之約數。

第一表：哥羅拉多河各支河流域面積之約數

支　河　名	流域面積（方哩）	與總面積之比數（%）
Green River 格林河	44,000	18.03
Upper Colorado R. 哥羅拉多上河	26,000	10.65
San Tuan R. 聖洋洋	26,000	10.60
Little Colorado R. 小哥羅拉多河	26,000	10.65
Virgin River 浮琴河	11,000	4.51
Gila River 基拉河	57,000	23.38
Other Streams 其他各河	54,000	22.13
總　計	244,000	100.00

已往二十年間，撤爾河(Salt River)河之水流，盡匯於羅斯福蓄水庫（Roosevelt Reservoir)中，農民取水於此，從未感有泥沙之患。吾人深信利用哥羅拉多水源，墾闢4,250,000畝土地時，唯有建築蓄水庫，則泥沙問題，可立得一經濟與有效解決之方法。流域內天然形勢優越，庫址雖多，絕少具有經濟之價值，因彼此每易互爲災患也。選擇庫址時，首須擇其有控制全河流量之效能，並得利用蓄水，供給農田市政及工業之使用。

第三章　泥沙之性質

哥羅拉多河之泥沙，爲極碎之岩石及各種成分不同之有機物質混合而成。其色其性，常隨流域及水源而變易。如在小哥羅拉多河 (Little Colorado) 聖洋河 (San Juan) 及基拉河諸流域，若驟遇傾盆暴雨，則被洪水汎濫後所挾流而下之泥沙，皆呈紅色，淤積之後，精細之度，幾不透水。若自較高之格林河及哥羅拉多上河所流下之泥沙，因地面已有草木之保護，雖微染紅色，仍爲灰白色，組織疏鬆，含有巨量之有機物質，對於農戶爲患較淺。

最近所研究者，卽懸浮泥沙及河底泥沙之重要區別而已。河底泥沙分子重而且大，乃爲顯而易見之事實。懸浮泥沙運輸於河渠水稜(Water Prism)中，因其微粒精細，故在任何斷面內，分佈皆甚均勻。河底泥沙則常沿河床或渠床呈迴旋之行動，或爲沙浪，或成沙堆。水稜中接近河床處，常有一中立之空間，暫將河底泥沙懸浮在內，因之懸浮泥沙亦混入河底泥沙中。是故兩種泥沙之區別，以其更迭相雜，實難得一確切而恆定之標準。在此情況下，河底泥沙常能變爲懸浮泥沙，而懸浮泥沙之粗重者，亦能下沈而復爲河底泥沙。是故當波濤洶湧之際，懸浮數量必見增加，反之，流緩浪平之時，則大爲減少。

哥羅拉多河上游及其主要支流，因其流域皆有草木之保護，故瀉流淸澈，侵蝕甚少，除洪水季外，絕無泥沙。下游亢旱之區，童山濯濯，一遇暴雨，則土石侵蝕，隨流而下，於是支河幹河，俱變渾濁矣。上游高峻之區，因氣候及各種物理現象之不同，嚴冬常遇大雪；下游不毛之地，秋冬則多暴雨。而溶雪之際，水流較緩，隨之下輸泥沙之百分數，遠較暴雨後所傾瀉而下者爲少也。至於被風力吹揚之灰沙，飛越乾旱不毛之平原及高原，而達於峽谷中者，當亦不在少數，苦無估計之法耳。

哥羅拉多河下游之泥沙，其微粒皆有均勻齊整之特性。所有挾泥沙之河流，其泥沙中每雜有粗砂石礫及大圓石等。趨之

流域內大多數之河流，無不皆然。洪水之時，多量石片石屑以及重逾數噸之大圓石，常能衝撞旋轉，隨流而下，幹流非但有搬運此種石屑石塊之功能，且能使之變成細碎之泥沙。因水流疾馳，衝擊猛烈，石屑石塊，一經磨研，其精細度有如波得蘭特之水泥。在哥羅拉多河下游及各支流，採取水樣凡數千種，其中僅有少數泥沙得分別為粗沙。

為測定哥羅拉多河及英皮利爾谷各渠道所挾泥沙分子之大小計，先於各水源深度不同處，採取水樣，然後加以分析，依分子之大小，分為等級。

實行篩析時，先衡丙泥水樣之重量至十分之一克，然後傾入直徑$2\frac{1}{2}$吋之標準篩中，當泥沙通過篩孔時，用清水緩緩冲攪，而精細之泥沙，即可積集於濾紙之上矣。每種等級之泥沙，皆用攝氏一百十度之溫度烘乾，然後衡重至千分之一克哥羅拉多河在佘買所取之水樣，經機械分析之後（見原著附錄五十四表），其大部份之懸浮泥沙，甚為精細，皆能通過三百號標準篩，微粒之直徑小於0.0017吋，且無粗大至不能通過四十號標準篩者，即直徑0.015吋是也。通過三百號標準篩之泥沙百分率，將隨深度之增加而減少，其他等級，則與深度成比例。

英皮利爾谷內各渠道及河床中所採取之河底泥沙標本，經機械分析之後（見原著附錄四十九至五十一表），河底泥沙較懸浮泥沙微粒粗大之事實，更益明顯。阿拉莫渠（Alamo Canal）距閘門一哩處（見第十九表），於渠床採取泥沙標本三組，其相隔期間為四十七及七十六日。分析之後，平均僅百分之七十泥沙，能通過二百號標準篩，而百分之三十三，皆存留於六十號標準篩之上。距河口四十八至一〇四哩處，粗泥沙百分率，漸形減少，通過二百號篩之細泥沙，為百分之十至六十，存留於六十號篩之粗泥沙，為百分之〇至八•五。自來更拉至派克(Parker)之間，共取河底泥沙標本四組，其所含之細泥沙量，較之取自渠中者為多，平均百分之四十，皆能通過二百號標準篩，而存留於六十號者，則無之。

經化學成分分析之後，始悉下游泥沙量常隨水源及水位而消長。春日雪融，每致汎濫，但其所挾之泥沙，較之暴雨及冬雨釀成洪水之泥沙為少。白萊齊愛爾(Breazeale)及其他諸人，曾同樣指出某數種鹽類化學作用之結果，有凝合泥沙微粒，增大其體積及重量之效能。同時其他之鹽類，則能離散微粒，使之懸浮。例如鈣及鎂，均具結合之性質，而鈉及鉀，則有離

散之能力。

泥沙含有肥料之成分，其對於農業上之價值，不可輕視。河水常含溶解之淡氣，淤泥中更多燐酸炭酸鉀及氮原素等。余買每畝呎水之泥沙，經福伯斯(Forbes)之研究，約合燐酸二磅至四十四磅，炭酸鉀十五磅至四四五磅，氮一磅至十七磅。其變化常隨季候而消長。水源既經減淤手續之後，其所含之肥料成分，隨之除去，若作長期繼續灌溉之用，則土地生產量隨之減少，勢所難免；然溶解之氮原素，其量在百分之四十以上，仍爲有價值之肥料也。

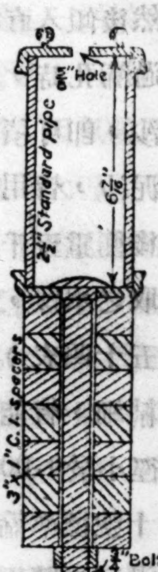
土壤重量之變化，約自每立方呎三十磅至一百十磅之譜。泥沙亦然，其重量之變化甚巨。哥羅拉多河下游之泥沙，（見原著附錄三十九至四十九表）每立方呎約重三十二磅至一百另五磅。至其變化之原因，則不外分子之大小，組合之成分，混合之狀態，凝結之疏密，以及含水分之多寡而已。

第四章　採集泥沙標本之器具

甲：托帕克採集泥沙器（Topock Sampler)

自河水中採集泥沙標本之法甚多，而所謂托帕克泥沙器者，乃一$2\frac{1}{2}$吋之標準鐵管，長$6\frac{7}{16}$吋，兩端皆套以冠。下冠垂以鐵質法碼七斤，每片直徑3吋，厚1吋。上冠穿以一$\frac{5}{8}$吋之孔，備泥沙水之流入。更繫繩索於環中，以爲操縱器具升降之機關。器之容積爲505 立方公分，空虛時重二十磅。（見第二圖）

採集泥沙標本時，先將測站，河身平分爲四區，而成三支站，以便於河槽中央及四分之一處，各作垂直之觀測。每站於水面，河深二分之一處及河底，共取河水標本三份，三站九份，合成一組，而完成一次之測驗。此種測量，自一九一七年八月一日起，至一九一八年七月十五日止，每半月舉行一次。



第二圖

托帕克採取埿沙標本器斷面圖

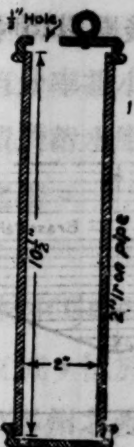
每份泥沙標本，約爲五百立方公分，先衡其重量至十分之一克，然後傾入於直徑2½吋之二百號標準篩中，將通過之細泥沙，復經濾紙之過濾，其存留之較粗泥沙，更通過一百號標準篩，作進一步之分析。於是每份泥沙，皆可分爲下列之等級：(1)通過二百號篩及存留於二百號篩之部份，(2)存留於一百號篩之部份。此三級泥沙標本分別用攝氏一百十度溫度焙乾，然後衡其重量至千分之一克，以重率百分比表示之。

乙：余買採集泥沙標本器（Yuma Sampler）

余買所用採集泥沙標本之器具，爲一內徑2吋之標準鉄管，長10½吋，兩端皆冠以帽，上帽有一½吋之圓孔，以備泥沙水之流入，並附以環釘，以繫繩索。其容積爲575立方公分（第三圖）

余買泥沙標本器採取水樣時，於河槽之三站——卽中央及四分之一處，各自水面及二分之一深處並河底採取標本一份，每星期觀測二次。若河水水位，深僅二三呎，則二分之一深處之水樣，略而不取。若水深少於二呎時，則僅取深度二分之一處之水樣一份。高水位時，此器垂以125磅重之法碼，用絞盤司升降。此時因深度驟增，當取河底水樣時自水面降器至距河底六吋至八吋處，需時約五秒，盛滿標本器需時約六十秒。每份泥沙標本，皆注入瓶中，經過二十四小時之沈澱，而後將上層三分之二之清水倒出。瓶中之混合物，乃充分搖和，通過濾紙，所餘之泥沙，則

第三圖



余買採取泥沙標本器斷面圖

用清水洗淨。濾紙未用之先，先衡其重量至百分之一克，卽於紙上標明其重量。迨其既納泥沙之後，則任其自行乾燥，而後衡之，此重量與濾紙重量之差數，卽爲泥沙之重量。

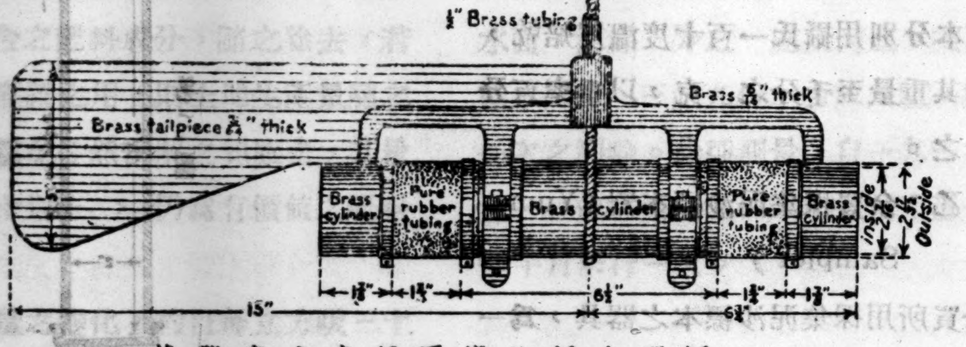
余買採集泥沙標本之方法，尤稱週到。但其實驗室中，不用焙烘方法，任濾紙自行乾燥，未免啓人之批評。英皮利爾谷對於濾紙試驗之結果，在大氣情況下，雖乾燥之氣候，其重量亦常有變化，故因此

每得極大之差誤，而於泥沙數量過少時，尤爲顯著。

丙：推脫賓克來採集泥沙標本器（Tait- Binckley Sampler）

推脫賓克來泥沙標本器，係一內徑$2\frac{7}{16}$吋長$8\frac{3}{4}$吋之圓筒，平駕於一黃銅架之上（第四圖）。架後殿以15吋之尾板，藉以保持器軸與水流之平行。圓筒共分五節，首尾兩節爲黃銅製，各長$1\frac{7}{8}$吋，並與銅架相熶合。中節長$6\frac{1}{2}$吋，亦黃銅製，繫有一索，繞周四分之三，若施引力於索時，則圓筒雖與銅架相緊連，仍能在其縱軸上自由旋轉而無阻。三節圓筒之間，則用二膠質橡皮管連結之。

第四圖



推脫賓克來採取坭沙標本器圖

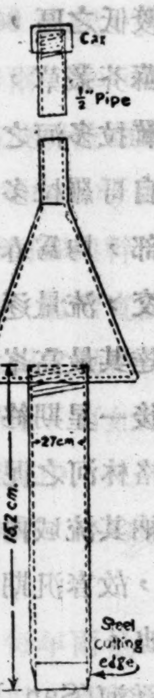
在自然狀況下，此器能於河流垂直面之任何一點，吸取泥沙水樣至500 立方公分。此器用一$\frac{1}{2}$吋之銅管，旋連於架上，並於管上刻明呎數及十分之一呎數，以便將𣿰至適當之位置。於較大之河流中，則用鋼纜及相當之重量，以代銅管。

施測之時，先拉繩索，因之中節隨之旋轉，首尾兩節，仍持原位。居間之橡皮管，因轉動而撓曲，俾滿盛泥沙標本之中節成爲不透水之部份。

此器之優點如下：(a)於自然狀況下，能吸取泥沙標本，(b)於泥水中，支架（bearings）不致被淤塞而停止其作用；(c)可於河流之任何一點，採取泥沙標本。

丁：採取渠底泥沙標本器（Canal Bottom Sampler）

英皮利爾谷之渠道，深逾十數呎，採取渠底泥沙標本時，常用有一鋒銳切邊之渠底泥沙器（第五圖）。此器係一直徑2.7公分之黃銅管，長15.2公分。其尾端附連一鋒銳之切邊，以爲深入堅硬渠床之用。管之上端，旋連於一漏斗形之底部。其擴出之肩部，即用以防止銅管沈入渠底，至



第五圖

採取渠底坭沙標本器圖

超過所需之深度。器之上部，用½吋之鉄管，短節相連，所須之節數，則視渠水之深淺而增減。使用時先將銅管插入渠底淤泥中，至肩部可能到達之範圍爲度。然後將水注滿於鉄管中，並冠以一不透氣之帽。當此管收回時，則成部份眞空，因之即能吸取泥沙標本於管中矣。

第五章　支河之泥沙

以下所述者，乃爲哥羅拉多河各較大支流之物理現象及少數泥沙試驗之結果。此皆爲合衆國地質測量隊，墾務局及其他團體所完成之工作。所採取之泥沙標本，僅及懸浮泥沙一項。因其所含泥沙百分率之低微，若與下游幹河泥沙量相比較，則可斷言此泥沙標本，皆從水流表面採集而得。故多數支流每月之懸浮泥沙量，常較哥羅拉多河下游每月之懸浮泥沙量爲小也。當基拉支河與撒爾脫河，尙未流入羅斯福蓄水庫時，亦曾作同樣泥沙之試驗，其結果則所得之泥沙百分率甚小。但過去二十年間，其每年停積於蓄水庫之泥沙量，平均約有五千畝呎之譜。

上游各河：

(1)格林河(Green River)

格林河及其支流，位於窩民(Wyoming)州之西哥羅拉多州之西北，烏台州之東。其流域面積共44,000平方哩。當其自水源流下約七百哩之後，距其與聖拉凡爾河(San Rafael River)交流點南約四十三哩，卽與哥羅拉多上河(Upper Colorado R.)相會合。

流域之內，所產木材，盡爲松杉檜柏之類，遍佈窩民哥羅拉多諸州及烏台州之特啓生(Duchesen River)河流域之高地。春汎之外，水流清澈，終年無淤。因有森林之掩蔽，花崗石層之高坡以及冰湖之作用，故其瀉流鮮有泥沙混濁之患。但高度四千呎至六千呎之地面，雨量較少，而土壤尤爲磽瘠，蘇芥荆棘，乃爲其僅有之

種植物。沙石遍地，一遇大雨，卽冲刷而下，以成泥沙。如拍蘭斯河(Price R.)及聖拉凡爾河，其水源皆甚清澈，但其下游經過不毛之地，被其冲刷而下之泥沙甚多，因之格林河下游，亦不得不玻混濁矣。格林河及其支流之洪水時期，每年皆在六月中，頗少例外，其流量約佔常年流量百分之三十一。此河之泥沙比率雖小，但其六月份之流量甚巨，故其泥沙量亦以此月爲最大。十月常有大雨，地面深受侵蝕，故此月之泥沙量亦不小。但自十二月一日至翌年三月一日之間，河流幾無泥沙之可言。

（2）哥羅拉多上河(Upper Colorado River)

哥羅拉多上河原名格蘭特河(Grand River)，源出哥羅拉多州中北部之洛凱山(Rocky Mountain)高峯。西南流 423 哩而與格林河相會合。其主要支流爲佛拉助(Frazer)，白魯(Blue)，愛格兒(Eagle)，威廉姆斯(Williams)，洛林福克(Roaring Fork)，更立聖(Gunnison)及度那納斯(Dolores)諸河。流域面積，約有26,000方哩，大半皆爲崎嶇突兀之崇山峻嶺，高度自7,000呎至14,000呎不等。其高峻部份之雨量，約自20吋至27吋，大抵皆爲白雪，已足適應松柏類植物如松檜杉於之繁殖。較低之區，雨量亦少，僅倭小之灌木以及蘇芥叢草，散見各地而已。在余買地方哥羅拉多河之常年水流，約五分之二，均來自哥羅拉多上河及其各支流。此水流之大部，均爲春季融雪時匯流而來。四五月之交，流量逐漸增加，至五月底或六月初而達其最高峯。此春汎時期，常於七月之最後一星期終止。春汎時期哥羅拉多上河及格林河之泥沙百分率，本屬些微，但因容納其流域內之巨流，多量泥沙，隨流而下，故春汎期中哥羅拉多河實挾有巨量泥沙也。

（3）聖洋河(San Juan River)

聖洋河流域，包括哥羅拉多州之西南及新墨西哥州(New Mexico)之西北。其在哥羅拉多州之支流，有洛斯匹拿(Los Pinos)，拉斯安立買斯(Las Animas)拉拍拉搭(Laplata)，班特拉(Piedra)，白蘭可(Blanco)，拉凡雅(Navajo)及孟可斯(Mancos)諸河。在新墨西哥州之支流，則有却可(Chaco)，白蘭可(Blanco)及蘭谷(Largo)諸河。此外尙有小部份之水源，來自亞利桑拿州之拉凡雅印地安公用地(Narajo Indian Reservation)及烏台州西南部之支流。流域面積，雖與哥羅拉多上河相似，但其流量規則小哥羅拉多上河每年平均流量爲6,870,000英呎，而聖

洋河僅2,350,000 噸呎。大部皆自哥羅拉多州西南之尼特爾（Needle），聖洋及拉拍拉塔諸山之高坡源流而來。自新墨西哥之法明敦（Farmington）起，拉拍拉塔及拉斯安立買斯兩河卽與幹河相會合，西流而至孟可斯河口，河槽寬闊多沙。更自孟可斯河口至烏台州之勃納夫(Bluff），河槽狹窄，兩岸懸崖，有如峭壁。自勃納夫至河口，河行深峽中，凡133 哩，距其周圍地面之下2500呎，平均每哩之坡降爲七呎。

流域低區，每年雨量，不足七吋，較高之區，約十四吋，最高之區，則在二十五吋以上。域內常遇暴雨，乾旱低下之區尤甚，以致侵蝕地面，冲刷泥沙，爲量頗多。

支河若遇大雨，幹河每致汎濫，因之大量泥沙，偕之俱下，此泥沙之大部，皆爲紅沙(Red Sand）。七月洪水之時，披阿斯(Pierce)曾於峽谷處採集泥沙標本，此時之泥沙重率爲百分之九。

（4）小哥羅拉多河（Little Colorado River）

本河流域面積，約與哥羅拉多上河及聖洋河相同，但因終年雨量稀少，蒸發甚大，故每年流入哥羅拉多河之水量，尙不足200,000 噸呎，僅及哥羅拉多上河流量之百分之2.9 而已矣。

流域五分之四之面積，均在亞利桑拿州之東北，其餘皆在新墨西哥州之西部。自新墨西哥州之大陸分界綫至亞利桑拿州之基拉河水源之間，大部皆爲五千呎以上之高原。流域之內，常遇暴雨，因之洪水汎濫，泥沙充溢。但其流量甚微，故其每年流入哥羅拉多河之泥沙量，常較洋聖河爲小也。

（5）上游各河之懸浮泥沙量

合衆國地質測量隊，於一九〇五年時，用重率百分比法，測定數種支流之懸浮泥沙量。綜合容積相等之泥沙標本而成爲一組，以代表一星期或若干時期之平均數。其結果皆以每立升千分之一克（miligram）計，而後化成重率百分比。採集泥沙標本之處，同時施測流量，藉知所挾泥沙之總量。

第二表爲一九〇五年各月格林河於仁孫（Jensen）、哥羅拉多上河於伯力賽特（Palisade）及小哥羅拉多河於伍特勒夫（Woodruff)所測得懸浮泥沙重率百分比之平均數及泥沙總量之噸數。

第二表：格林河，哥羅拉多上河小哥羅拉多河於1905年時之懸浮泥沙重率百分比及泥沙總量表

月份	格林河	哥羅拉多上河		小哥羅拉多河	
	泥沙重率百分比	泥沙重率百分比	泥沙總量噸數	泥沙重率百分比	泥沙總量噸數
三月	0.0546%(平均)	0.0012%(平均)			
四月	.2160	.0163	35,000	1.6300%(平均)	1,042,000
五月	.1259	.0564	617,000	2.07(0	101,400
六月	.0415	.0165	326,000	.2580	33,300
七月	.0091	.0126	64,000	.5462	8,800
八月	.0490	.0276	58,000	1.1630	511,000
九月	.4749	.0460	60,000	.3230	10,000
十月	.0667	.6215	31,000		
十一月	.0105				
十二月	.0085				

墾務局於一九一四至一九一五年間，曾測定數種哥羅拉多河支流泥沙重率百分比。其所用之方法，爲每隔數日採集泥沙標本約四分之一加侖，而定其所含泥沙百分數。每月之平均數皆彙錄於第三表。施測之河流爲格林河（Green River near Green River）近息斯可（Cisco）之哥羅拉多上河以及近勃納夫之聖洋河。

第三表：1914—15，格林河，哥羅拉多上河及聖洋河之泥沙重率百分比及泥沙總量表

月份	格林河		哥羅拉多上河		聖洋河	
	泥沙重率百分比	泥沙量	泥沙重率百分比	泥沙量	泥沙重率百分比	泥沙量
1914	平均%	噸	平均%	噸	平均%	噸
八月	0.045	173,800	*1.893			
九月	.132	280,100	.347			
十月	.380	1,256,000	.596		0.885	

十一月	.107	236,000	※.033	57,000	.142	182,000
十二月	.012	15,000	.032	63,000	.130	110,900
1915						
一月	.056	70,000	.032	57,000	.103	87,100
二月	.030	40,000	.067	128,000	.705	1,237,000
三月	.089	225,000	.062	148,000	.782	1,457,000
四月	.217	1,309,000	.450	3,540,000	.667	4,339,000
五月	.190	1,747,000	.180	2,744,000	.360	2,793,000
六月	.188	2,373,000	.090	1,897,000	.398	3,256,000
七月	.116	598,000	.057	477,000	.488	2,650,000
八月					.580	527,000

（※爲一月中之一部份）

(6)基拉河(Gila River)

基拉河流域爲哥羅拉多河流域之東南部，其特性與哥羅拉多河相似者頗多。如高峻之區，雨量充足，草木茂盛，水行深溪之中，終年清澈如鏡。荒漠不毛之地，野草寥寥，不見蒼綠之色。但介乎兩者之間者，則爲高台地及峽谷，瀉流澎湃，挾泥沙而入於海。基拉河流域之面積，較哥羅拉多河流域全面積之百分之二十三稍大，因終年亢旱，故其每年之平均流量，僅稍大於較大河流流量之百分之六而已矣。

基拉河與其他諸河相異之點，爲其水量及洪水期無一定之規律。一九〇三年，其於余買流入哥羅拉多河之流量爲61,000畝呎，而當一九一六年時，因遭兩次洪水之汎濫，其流量增至4,490,000畝呎。有時於數月之間，常遇洪水數次，有時則數年之間，洪水或不一見。自六月至十一月，其流量甚微，最大流量之月份，依次言之則爲三月，二月，一月及四月。但一九一六年十月之流量爲例外，其最高紀錄達107,870秒呎，乃自其一主要支流而來者。

基拉河之主要支流爲聖佛蘭錫斯可(San Francisco)，撒爾脫(Solt)，阿古佛里阿(Agua Fria)及海賽協姆白(Hassayampa)諸河，皆自北部流來。其自南部流來者，有聖披特拿(San Pedro)及聖塔克魯可(Santa Cruz)二河。各河支流甚多，即以聖佛蘭錫斯可河而言，其流域面積僅2895方哩，而其支流竟達六十五

河之多。

論及基拉河之泥沙，首須研究其雨量。各地之常年雨量，相差頗巨，自數吋而至二十餘吋不等，皆視地面高下而轉移。而流域內之山地，又多低下，氣候溫暖，多無積雪，故少洪水之汎濫。但泥沙量與雨量有直接之關係，此乃盡人皆知者。暴雨陣雨，僅發現於局部之地面，急瀉所趨，數種支流，常遭期短之汎濫，因之侵蝕土壤，冲刷而成泥沙。但泥沙輸送未遠，而洪水之勢已殺，則暫停之泥沙，唯有待下次洪水之再臨，挾之至更遠之距離而已。

每十數年間，常遇猛烈暴雨多次，分佈較廣之地面，因之多數支流，立致氾濫，怒濤洶湧，勢如奔馬，而下游之洪水以成，有時哥羅拉多河本流亦受影響，在已往之二十一年間，一九〇五，一九〇六，一九一六及一九二三各年，曾遇此種洪水四次，尤以一九一六年一月二十二日於余買所測得之結果為最高。此時哥羅拉多河之流量，估計約有240,000 秒呎，完全為基拉河流域之非常雨量所釀成。在此暴雨與洪水期間，巨量侵蝕而成之泥沙，隨流而下，輸入加利佛尼亞海灣中，或即沈澱於幹河河床之間。

(7)懸浮泥沙量

一八九五年時，李青氏(w. Richins)曾於距亞利桑拿州之佛拿倫斯(Florence)東十二哩之普賌(Buttes)地方，每日觀測基拉河之泥沙量。當測定泥沙容積之前，先置泥沙標本於玻璃管中，任其沈澱。經多次試驗之結果，始得確定乾質固體與淤泥容積之比例平均約為一比五。即根據此比數為自淤泥量中推算乾質泥沙量之標準。合衆國地質測量隊，於一八九九年間，亦作同樣之測驗，其結果皆彙錄於第四表中。

第四表：　1895及1899年普賌基拉河之流量及懸浮泥沙流量表

月份	每月流量 水	污…(Mud)	固體(Solids)
1895	畝呎	噸呎	噸呎
八月	97,336	11,076	2,213
九月	48,317	7,809	1,579
十月	96,966	15,182	3,032

十一月	65,633	2,273	554
十二月	46,177	461	89
1899			
一　月	19,552		30
二　月	13,273		7
三　月	7,993		1
四　月	3,689		1
五　月	1,107		0
六　月	31		1,854
七　月	73,060		1,854

亞利桑拿大學之福佩斯（R. H. Forbes）先生，曾於一八九九及一九〇〇年間，用容積及重率兩標準測定基拉河之泥沙量。逐日自水面採集標本，合七次而成一組。洪水時期所採取之標本，其泥沙量爲重量百分之1.94至百分之9.41，若以容積爲比例，則沈澱一日之後，爲百分之9,2至百分之36.4。第五表卽爲測驗之結果，係將十萬分之比數（Parts per100,000）化爲重率百分比。

第五表：　1899年11月28日至1900年11月5日止，基拉河近佛拿倫斯渠口之泥沙重率百分比表

時　期	泥沙重率百分比 %	時　期	泥沙重率百分比 %
1899		1900	
十一月廿八至十二月四日	0.073	八月一日至八月七日	7.534
十二月五日至十二月十一日	.056	八月八日至八月十四日	4.380
十二月十二日至十二月十八日	.036	八月十五日至八月二十一日	.159
十二月十九日至十二月廿五日	.058	八月廿二至八月廿八日	.075
十二月廿五至一月一日	.078	九月一日至九月七日	2.959
1900		九月八日至九月十四日	9.406
一月二日至一月八日	.055	九月十五日至九月廿一日	7.620
一月十一日至一月十八日	.036	九月廿二至九月廿八日	1.937

二月二日至二月七日	.016	九月廿九至十月七日	.029
二月八日至二月十四日	.009	十月八日至十月十四日	.028
二月十五日至二月二十日	.015	十月十五日至十月二十一日	.052
二月廿二至二月廿八日	.008	十月廿二日至十月廿八日	.406
三月一日至三月七日	.012	十月廿九日至十一月五日	.293

合衆國地質測量隊於一九〇五年間，在亞利桑拿州之聖加羅斯(San Carlos)附近，採取基拉河之水樣。其結果皆載於第六表中。

第六表：　1905年聖加羅斯地方基拉河懸浮泥沙重率百分比，每月流量及泥沙量表

月份	泥沙重率百分比（平均）	每月流量	每月泥沙量
1905	%	畝呎	噸
六月	0.0971	15,200	20,400
七月	.5603	6,100	46,300
八月	1.4965	27,100	551,000
九月	.3140	32,400	138,800
十月	.0432	9,200	5,400
十一月	.5683	112,000	866,000
十二月	.1125	53,600	81,700

墾務局曾於余買上游四哩處，採取泥沙水樣，測定基拉河之泥沙量。第七表乃為附近基拉河口每時期泥沙重率百分比平均數，流量及泥沙量。

第七表：　1914及1916年基拉河於余買上游四哩處泥沙重率百分比，每月流量及泥沙量表

時期	泥沙重率百分比（平均）	流量	泥沙量
1914	%	畝呎	噸
八月五日至八月二十日	6.12	23,800	1,983,000
八月二十日至九月二十一日	5.08	25,400	1,755,000
九月二十一日至十月十一日	4.87	23,800	1,578,000
十月十一日至十月十五日	2.73	1,600	59,000

1916			
十月十一日至十月十八日	.41	20,800	116,000
十月十八日至十月三十日	.74	23,800	240,000
十月三十日至十一月三日	.20	9,900	27,000

合衆國地質測量隊於一九〇一年時，測定撤爾脫河之泥沙容積百分比。自一月一日起至四月十八日止，其水樣皆取自亞利桑拿州之麥克道威爾（Mc Dowell），距撤爾脫與浮埭（Verde）兩河交會點之上約…哩。自四月十八至十二月卅一日止，則取自今之羅斯福蓄水庫址。其結果見第八表。

第八表：　1901年撤爾脫河之泥沙量表

日　期	泥沙容積	日　期	泥沙容積
	嗽呎		嗽呎
一月	9.27	七月	83.58
二月一日至十五日	34.42	八月	134.16
二月十六日至廿八日	8.28	九月	23.85
三月	9.53	十月	5.04
四月一日至十八日	.06	十一月	.65
四月十九日至五月二十六日	.00	十二月	.00
五月廿七至卅一日	28.74	全年總計	337.58
六月	.00		

一九〇一年撤爾脫河在庫址之流量，爲477,704 嗽呎，遠遜常年流量；其泥沙量則較過去二十年間每年沈澱於庫中平均數之百分之七爲少，此極大差異之原因，不外二端：（1）一九〇一年時撤爾脫河之泥沙甚少；（2）測量泥沙量時，僅及懸浮泥沙，而未將河底泥沙一併計算在內。

第六章　哥羅拉多河下游之泥沙

(一)哥河托帕克之泥沙

自一九一七年八月一日至一九一八年七月三十一日止，農業工程組（Division of Agricultural Engineering）曾於亞利桑拿州之　帕克，研究哥羅拉多河之泥沙。托帕克爲一鉄道車站，位於可羅拉度

河之東岸，上距尼得爾斯(Needles)十五哩，下距余買約206 哩。此地乃峽谷下游測驗流量及泥沙重率百分比，最優良而適合之地點。然峽谷與下游流域之分界，究以何者為標準，實難嚴格確定。但若以已成之恆久三角洲與灌溉地，在河水汎濫區域內之面積超過五千　為判定之要點。則亞利桑拿州莫海夫村之莫海夫谷 (Mohave Valley)，在托帕克上游三十二哩，地方可視為天然之分界線也。

河出峽谷之後，常挾最多量之懸浮泥沙，最少量之河底泥沙，因峽谷坡降陡峻，河槽深隘，水流湍急，不易沈澱。且托帕克附近河流所挾之泥沙，因大部皆為懸浮泥沙，故若以時間及數量而言之，其輸流而下也，較其他非峽谷部份之任何河流，尤為均勻。自莫海夫山谷而至余買，流行相續不斷之山谷中，兩谷之間，皆有深狹之峽。若與峽谷部份相比較，則河床平坦，河槽寬闊；自托帕克至余買，其平均坡降為每哩1.5 呎，而自托帕克至格林河口，相隔幾七百哩，其坡降每哩約五呎。托帕克之下，在通常流量時，河槽寬自數百呎至半哩之譜，而峽谷部份之河槽，除近浮琴河 (Virgin) 口之一段外，寬自一百呎至一千二百呎，其普通寬度則僅數百呎而已。

合衆國地質測量隊，在托帕克鉄路橋下游1¾哩處，設立測站，從事研究泥沙問題。經觀測一年之結果，無論流域內或河道上，均未發現任何顯著乖常之現象，足以實際影響於流量者。托帕克以上之流域面積，為171,000 方哩，並無暴雨或洪水能使幹河越出常軌。於此一年中，余買河測得之流量，較二十四年之平均數，約少百分之十六，其懸浮泥沙量較十八年之平均數，約少百分之三十八。

第九表為一九一七年八月一日至一九一八年七月三十一日，合衆國地質測量隊所測得哥羅拉多河每月之最大最小平均及全月之總流量，皆以畝呎為單位。其每月之平均懸浮泥沙重率百分，每月乾泥沙量以及粗細泥沙量之噸數，亦皆列入。

第九表：　1917年8月至1918年7月哥羅拉多河近托帕克測得之每月流量及泥沙量表

月份	流量			泥沙量	懸浮泥沙量					
	最大	最小	平均		二百號篩		總數	二百號篩		總數
					通過	存留		通過	存留	
	秒呎	秒呎	秒呎	畝呎	%	%	%	噸	噸	噸
八月	34,400	12,700	19,400	1,190,000	0.730	0.332	1.112	12,635,200	5,378,000	18,013,200
九月	15,600	9,450	12,000	714,000	.246	1.785	2.031	2,391,000	17,349,000	19,740,000
十月			9,570	588,000	.368	1.129	1.497	2,945,500	9,036,700	11,982,200
十一月			9,100	541,000	.148	1.315	1.463	1,089,900	9,684,100	10,774,000
十二月			8,830	543,000	.178	.630	.803	1,315,700	4,656,700	5,972,400
一月			8,590	528,000	.120	.259	.379	862,500	1,861,500	2,724,000
二月	11,800	6,400	8,300	461,000	.101	.037	.138	633,800	232,200	866,000
三月	40,100	10,000	16,100	990,000	.945	.240	1.185	12,735,200	3,234,300	15,969,500
四月	23,300	11,000	17,000	1,010,000	.349	.359	.708	4,798,300	4,935,700	9,734,000
五月	55,100	14,100	38,200	2,350,000	.304	.171	.475	9,724,800	5,470,200	75,195,000
六月	92,000	32,200	66,300	3,950,000	.260	.531	.791	13,980,000	28,551,500	42,531,500
七月	87,500	24,000	45,100	2,770,000	1.137	.249	1.386	42,872,400	9,389,000	52,261,400
全年總計				15,635,000				105,984,300	99,778,500	205,763,200
百分率								51.5	48.5	100

(二)哥河余買之泥沙

自一九〇九年以來，墾務局卽於余買賡續研究可羅拉度河之泥沙。一九一一年七月一日以前所採集之泥沙標本，皆無規定之時間，此後則每星期採集兩組，每組共取標本九份。採取標本之地點，位於南太平洋鐵路橋下游六百呎，係用一小車繫於流速計測站之懸纜而工作。

哥河在余買之流域面積，較其於托帕克者，約大百分之四十二，因鉅余買之上㙍哩，有基拉河來歸，而距托帕克之下四十一哩，又與威廉姆斯河相會合故也。但基拉河之瀉流，其歸納於哥羅拉多河者，僅及哥羅拉多河每年平均瀉流之百分之六而已矣。

托帕克至余買之間，水流又受三灌溉計劃支分之影響，此三項計劃卽（Colorado River Indian Rerervation, Palo Verde及Yuma）是也。

第十表卽爲墾務局自一九一〇年至一九二五年所得余買哥羅拉多河歷年各月泥沙重率百分比。

第十表：　1910－1925余買哥羅拉多河之每月平均泥沙重率百分比表

年份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1910				※0.59		0.56	0.40	※0.24	※0.60		※0.35	0.36
1911	※0.68	1.09	※1.06	※ .84	※0.86	※ .72	1.68	1.27	.81	2.37	.53	.22
1912	.16	.23	.79	1.13	.96	.52	.71	.78	.85	.46	1.16	※.24
1913	※ .14	.13	.30	1.15	.73	※ .65	.41	※ .61	1.70	1.69	.36	.39
1914	.65	1.06	1.49	1.03	.79	.55	1.35	1.54	.96	1.42	.81	.60
1915	1.26	1.91	.94	1.21	1.29	.80	.55	1.14	.59	.65	.42	.39
1916	1.53	1.59	1.62	1.19	.98	.69	.65	1.95	.87	2.03	.68	.31
1917	.48	.31	.49	1.03	.98	.54	.46	.68	.30	.29	.14	.13
1918	.15	.15	.96	.39	.54	.53	1.01	.68	.63	.48	.34	.28
1919	.15	.32	.58	.93	.50	.54	1.67	2.24	1.03	.72	.54	1.22
1920	.60	1.35	1.23	1.02	.94	.66	.66	.92	※1.11	.24	.39	.20
1921	.22	.18	.52	.34	.80	.50	.67	2.12	1.71	.43	.32	.55
1922	.66	.57	1.11	1.00	1.11	.60	.48	1.37	1.01	.16	.21	.26
1923	.18	.18	.35	.74	.72	.62	.80	1.97	2.77	1.27	1.23	.50

1924	1.03	.43	.42	1.00	.88	.75	.65	.48	.57	.75	.35	.26
1925	.13	.31	.48	.69	.53	.62	.74	.86	2.81	1.83	.73	.42

（※示此月標本少於四組，每組共有九份）

第十一表爲一九一一年至一九二五年，余買哥羅拉多河之每年懸浮泥沙重率百分比，流量及計算所得之泥沙量噸數。並將合衆國地質測量隊於一九〇三年至一九〇五年及福勒斯先生於一九〇四年測量所得之結果，加入其中。此十八年中之每年平均泥沙量爲183,7[illegible]9,000 噸，本報告郎以此數爲余買可羅拉度河常年懸浮泥沙量之標準數。

第十一表：　余買哥羅拉多河於十八年中懸浮泥沙量

（※示自每月流量計算而得）

年份	每年平均泥沙重率百分比	流量	懸浮泥沙
	%	畝呎	噸
1903		11,328,000	※110,746,000
1904		10,118,000	120.961·000
1905		19.712,000	※308,728,000
1911	1.01	17,831,000	245,152,000
1912	.67	18,406,000	167,870,000
1913	.69	11,768,000	110,532,000
1914	1.00	20,655,000	281,166,000
1915	.93	14,641,000	185,350,000
1916	1.18	23,140,000	371,692,000
1917	.49	20,593,000	137,391,000
1918	.51	13,158,000	91,348,000
1919	0.87	10,747,000	127,275,000
1920	.78	21,444,000	227,687,000
1921	.70	19,428,000	185,125,000

1922	.71	17,014,000	164,438,000
1923	.95	17,848,000	230,808,000
1924	.63	11,348,000	97,319,000
1925	.85	12,452,000	144,077,000
總數			3,307,665,000
平均			183,759,000

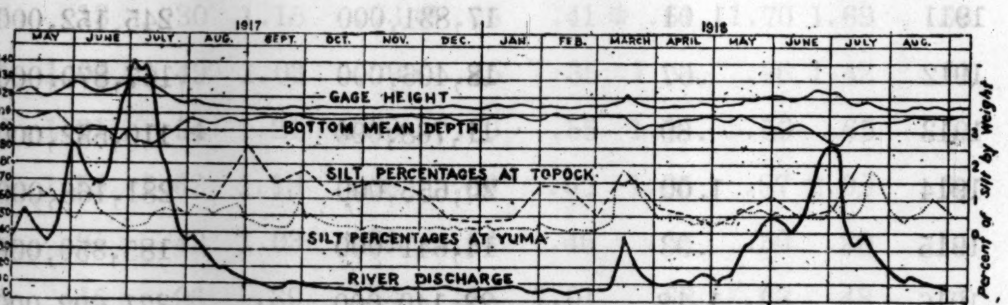
(三)托帕克與余買兩地泥沙量之比較

若將托帕克哥羅拉多河所含之懸浮泥沙量與余買者相比較，則在相同之一年中，吾人益信河出峽谷後，常挾巨量之泥沙，當其流至下游時，則一部份之泥沙，勢必沈澱而爲河底泥沙。但自托帕克至余買間，降落於河底之懸浮泥沙，其能永久沈澱，僅比較少數而已。經研究之結果，若輸送之狀況，得以暢達無阻，則大部之河底泥沙，將輸流至極遠之下游而後止。

第六圖之曲線，乃表示余買之水位，平均河深，流量及泥沙重率百分比諸情形。托帕克之半月泥沙重率百分比，亦列圖中。冲刷及侵蝕之影響，自河床升降之狀況觀之，更益明顯。

自補爾開（Bulls Head）分流於莫海夫谷之水量以及自派克（Parker）分流於

第六圖



余買可羅拉度河之水位,平均深度,流量及挽沙百分比與托帕克之挽沙百分比圖(1917—18)
(註:水位皆加百呎)

哥羅拉多印地安公用區（Colorado Qndian Reservation）之水量，頗屬微少，在一年間直至一九一八年七月三十一日止，其對於托帕克至余買間哥羅拉多河所容納水流之估計，無甚影響。派那浮埭（Palo Verde)漑灌計劃之進水口，位於托帕克下

游約一百哩，一年之間，被其分流之水量，約爲160,000 噉呎，而余買灌漑計劃於來更拉壩所分流之水量爲457,254 噉呎。

流入之水源，僅有威康姆斯河及基拉河而已。自一九一七年八月一日至一九一八年七月卅一日止，威廉姆斯河估計之流量爲64,000噉呎，而墾務局所得測基拉河於一年中之流量，則爲356,600 噉呎。同時哥羅拉多河經過托帕克之流量爲15,635,000 呎，經過余買之流量則爲13,919,000 呎。但自一九一七至一九二五年之間哥河在托帕克之每年平均流量爲16,588,000噉呎，而在余買則爲15,319,000噉呎。由此可知流量之情形，實無一定也。經一年之觀測，至一九一八年七月卅一日止，哥河在托帕克及余買兩地所含懸浮泥沙量之比較，可自第十二表見之。在此時期中，托帕克之泥沙總量爲205,763,200 噸，而余買之泥沙總量則爲113,943,000 噸，較前者約少百分之44.6。設爲辯論之目的起見，兩地之間，若果無泥沙之沈澱，則余買之泥沙總量，當較托帕克爲大，因有威廉姆斯河及基拉河泥沙之來歸，以及各支渠口減淤工事之影響；而今適得其反者何耶。

第十二表：　托帕克及余買之每月平均泥沙重率百分比及每月泥沙量表

年　月	托帕克 泥沙重率百分比	托帕克 每月流量	托帕克 懸浮泥沙量	余買 泥沙重率百分比	余買 每月流量	余買 懸浮泥沙量
1917	%	呎	噸	%*	噉呎	噸
八　月	1.112	1,190,000	18,013,200	0.68	1,440,000	13,329,000
九　月	2.031	714,000	19,740,000	.30	536,000	2,189,000
十　月	1.497	588,000	11,982,000	.29	465,000	1,836,000
十一月	1.463	541,000	10,774,000	.14	422,000	804,000
十二月	.808	543,000	5,972,000	.13	420,000	743,000
1918						
一　月	.379	528,000	2,724,000	.15	405,000	827,000
二　月	.138	461,000	866,000	.15	323,000	660,000
三　月	1.185	990,000	15,969,500	.96	1,010,000	13,199,000

四　月	.708	1,010,000	9,734,000	.39	768,000	4,077,000
五　月	.475	2,350,000	15,195,000	.54	1,790,000	13,158,000
六　月	.772	3,950,000	42,531,000	.53	3,680,000	26,550,000
七　月	1.386	2,770,000	52,261,400	1.01	2,660,000	36.571.000
總　計			205,763,200			113,943,000

（*示採自第十表墾務局所測之平均數）

第七章　下游流域之泥沙問題

哥羅拉多河循流於峽谷之中，凡數百哩，大部河槽，皆深逾數千呎，此部河流，以前所謂峽谷部份是也。距河口三百六十哩，或空距二百二十哩處，河出深谷，坡降平坦。流域之內，谷地大小不同皆爲過去地質時期之冲積土平原，達於河口三角洲之上邊爲止。本報告所謂下游流域者，卽指此峽谷部份之下游及三角洲是也。

因河流運輸泥沙力之偉大，峽谷部份，幾無永久沈澱之可言。所有上游挾沙之河流，皆先後經峽谷，以至下游，而達於加利佛尼亞海灣。

下游河床之高仰，致使治導之際，危險叢生，靡費甚大，哥羅拉多河曲折繞行於三角洲之間，而無人問津者，不知若干年。一槽既塞，水復他徙，就低窪之處構成新槽，旋又淤塞如此賡續相繼而不替。迨至二十餘年前，始圖利用水流，以供灌溉，並設法治理，導入於海。自後雖耗七百五十萬金元之巨款，用以築堤束水，藉資利用，但堤岸屢被冲毀，以致財產損失不貲。自一九〇五年六月至一九〇七年二月之間，其分流各點，實際幾無治理方法之可言，僅塞決堵口，使水復歸故槽之經費，已逾二百萬金元矣。

墾務局曾費巨款，建築渠口工程，藉以防止粗重泥沙流入余買灌溉區之內，但細小泥沙仍能輸流自如，遠佈於溝洫耕地之間，未克盡防止之效用。英皮利爾灌溉區亦曾耗巨金，於同一之情形。雖浮掬（Skimming）及冲洗（Sluicing）諸法，於國營計劃（Federal Project）中，能得極大之成功，但於低水位之河流，則無效力之可言，蓋本區乃爲最低水位之用戶也。因水量不足，下閘門常啓不閉，於是懸浮泥沙及河底泥沙皆有流入渠道內部之機會矣。英皮利爾灌溉區總監督陶德（M.J.Dowd)先生，供給著者關於該區於一九二三及一九二四年渠口及渠道全部排除泥沙經費之統計，著者深爲感謝。玆特錄之於下：

	1924	1924
進口處	$36,965	$33,343
幹渠	105,547	100,331
支渠及廢溝	436,990	394,463
紐河（NewR.）及撤爾頓海(Salton Sea)		30,995
總計	579,502	559,132

幹支渠道泥沙之外，大部之懸浮泥沙，皆淤積於溝洫耕地之間，排除之費，頗大。英皮利爾灌溉區之農民，每年用於排除泥沙之經費，平均每畝二金元。卽以此數計算一九二四年所灌溉之面積，加以清理渠道之經費，總計是年用於排除及防止泥沙之經費當在1,333,000 金元以上。

至今，新問題又復發生。阿拉莫河及紐河所排出之渾水，當其與撤爾頓海靜而鹹之水流相會合時，所含泥沙，立卽沈澱，而成三角洲，阻礙自然之水流，迴流倒灌，致使附近耕地，遭受汎濫。英皮利爾區於一九二四年用於掘挖紐河口之耗費，約值三萬一千金元。

（未完）

治河概論

白季眉

(一)　緒言

我國自神禹治河而後，水由地中行，歷千有餘年不弊。至周末，諸侯各自為政，以鄰國為壑，治河之政乃亂。漢哀帝時，賈讓奏治河三策：(此河專指黃河言)上策放河使北入海，徙冀州民之當水衝者；中策多穿漕渠於冀州地，分殺水怒；下策繕完故堤，增卑培薄。當時所用者僅下策。至後漢明帝時，王景治河，修渠築隄，又鑿山阜，截溝澗，以求河道之有規律，防遏衝要，疏決壅滯，以求河身之整飭。十里立一水門，更相洄注，以備殺洪水之勢。而河自是厥後，因亦歷千年無恙。至宋河又不治，而至金明昌五年，河遂入淮。金元之際，河或南或北。元順帝時，賈魯治之：魯循河道，察地形，往復數千里，備知要害，八月恢復河之故道，然并非根本之修治。至明都北遷，視漕運為重，斷河之黃陵岡支渠，純使入淮。明世宗時，潘季馴總督河道，固高堰以遏淮，借清敵黃，通淮南諸閘，以洩洪漲，疏清口以畫一入河之道。而潘氏之以隄束水以水刷沙之計劃，深合現在科學治河之法，尤為膾炙人口。清康熙時，則有靳輔總督河道，其治導河道，一本潘氏。此之所舉，皆我國歷代之著名治河家也。我國歷代既不乏治河專家，何以迄至現今，文明各國之河流皆治，祇聞水利，不聞水害，而我國則非此地之河流泛濫，田廬漂沒，人民其魚，乞款待賑，則彼地旱災呼籲，赤地千里，豁免錢糧？今日非科學昌明之世乎？立國於斯世，而河道不治，水利不興，非旱即潦，實不但國貧民困，且亦貽笑於文明之邦，而為國體羞。故我國當今之急務，以振興水利事業為最要。總理著建國方略，凡四百八十一頁。實業計劃佔二百十二頁，其中關於水利者，如修浚運河，治理河道，興闢海港，取用水力，計劃灌溉之事，又居其十之八。足徵水利於立國之重要矣。惟水利工程，異乎他種工程；其原因有二；一因水為流動質，無正定不變之規，其於公式理論，尚有若干之待發明者。二因河道之泛濫，其損失之小者亦恆在數百萬數千萬元，而大者或在萬萬元以上。其治河工程所費之鉅，亦在百萬千萬之數。試思以新興之科學，公式理論，尚待研究發明，而工程所費又如此其鉅，則治河者自當審慎將事。而治河儲才於

我國爲尤要也。本篇之作，特爲喚起人民之注意，提倡水利努力治河爲我國當務之亟。

（二）治河之目標

治河之目標，卽除水害與水利是也，除水害之目標，爲防洪與護岸。防洪者卽防水之泛濫爲災，護岸者卽防水之冲刷坍陷侵蝕地畝也。惟解决此防洪護岸之工程。必須根本澈底解决之，欲根本澈底以解决之，則必爲大規模之治理。譬之欲解决河中之淤淺，則必上阻砂礫之冲來，從事於山田植柳開掘溝渠之事。又必須設坊築壩，河源上游以截去河中之沙礫。河源上游，水流陡急，因之可以築堰，取用水力。（一）可以直接推轉機械，代蒸汽機汽油機之原動力，不但省煤油之原料，且清潔無烟灰之齷齪。現世界之原料有盡量，已早爲識者所憂。唯此水力循環無已時，故水力又名白煤，（二）可以先就近摩電，再以電力遠傳於數千百里之外，是河源上游之治，亦卽水力之所由以取用也。至於中游下游河內停聚之沙礫，則通常槪以縮狹河身，以壩激溜，以溜刷淤之法除之。如此則可使河之中泓水深，而便於行舟，是運輸交通之利又隨之矣。故欲以根本澈底之治河言之，不但可以剷除水患，且同時亦足以興水利。於此可斷言之曰，興水利之目標有三：卽（1）灌漑田畝；以防旱潦，使人民有足衣足食之樂，此爲有利於農者。（2）取用水力；以無貨價之原動力爲製造，以與工業，與世界工業國家爭衡，成本輕，而功效巨，此爲有利於工者。（3）便利運輸；使交通無阻滯之患，此爲有利於商者。由是可知興水利，卽所以興農工商，興農工商，卽所以興實業，總理建國方略之半部一所謂實業計劃者，可以由治河之一道解决之矣。今試再分而言之：

（1）灌漑　我國位居溫帶。估面積三千四百九十六萬六千四百五十八方里，（見白眉初民國地誌）有三十六幹河流貫其間，加以枝河百數，則除蒙古大戈壁外，皆應享有灌漑之利，加以我國農民之能耐勞，其農產品固當自食有餘而可運輸至於全世界矣。而事實則不然，雖以號稱富饒中國南部之珠江流域與長江流域，尙時有米不足食之虞，至雨澤稀少之西北省區，更不待言矣。何怪乎近年北方之奇饉耶，玆舉德美二國灌漑成效之一斑，以希喚起讀者。對於灌漑之宜講求也。

德國普魯士邦之注重農田水利，實自一八五六年起，特設官吏四處，直轄農部，管理提倡農田水利之事。其事務逐年加增，官吏之設置亦逐年加多，至一九〇〇

年，官吏之服務農田水利者，高級官七十一員，中級官八十九員。至一九一二年，高級官吏，增至一一二員，中級二六三員，共三百七十五員。此指政府所委任者而言至私家服務於是業者，亦有三百員之多，此皆由於政府預設學校所培植之專門人才也。至其事業據一九一二年之調查，改良農田五四八八五〇頃，建設費達二三六〇〇〇〇〇〇元。言其成効，一八八五至一九一〇年，德國全國之收穫由一八二九八〇〇〇增至二五八一九七六九噸，卽二十五年之後，增加百分之四十。以山芋一種之收穫言之，由二五七〇六六四五噸，增至四五九六九四六六噸，其增益之數，幾加倍矣。

美國自一八七〇年，灌溉計劃始成立於格里勒柯勞拉多，(Graely Colorado)是時灌溉之區，不過一千二百頃，至一八八〇年，漑田達六萬頃，一八九〇年，達二十二萬五千頃，一九〇〇年，達四十五萬頃。至一九〇二年。又立墾植律，其目的專在改良一切農田，此律一成，灌溉之事業，愈爲發達。一九一〇年，漑田增加十一萬七千頃，其共可灌溉之水田，四百五十萬頃，溝渠之線計共長四十萬里，水庫有六八〇〇處，容量一五五兆立方公尺。言美國墾植律之成立，亦有可述者，美國總統羅斯福，於其壯年時，曾遊美國西部，慨然曰：『使吾爲總統，第一事卽當爲屯墾。』於一九〇一年以副總統繼大任，受任未數日，卽召地質測量局之水道測量主任紐威耳等，商定水利森林施墾諸大計，次年六月十七日墾植律公布矣。

（2）水力　凡物之下落者，因地之吸引力，亦含力焉，水之下流，何能獨異，故水流卽有力在，而傾斜愈甚，水流愈急，亦示其所含蓄之力愈大。故倘能引用此水力其利無窮。我國古時已有架輪於河，用水力冲動而爲舂米者，至今內地尙常見之。而外國古時亦有同樣之發明，至近世機械之用興，而又虞煤量之有盡，各國乃盡力開發本國之水力，水輪機之大者，其直徑有至三十尺者。美國尼阿哥拉之瀑布，世之所稱著者也。其河之流量爲二十二萬五千秒尺，水位相差三百十四英尺，故所蓄水力在六百萬馬力以上，今所取用者倘極小數也。計世界各國水力之取用。美國爲最，在一九〇二年時，全國已用至二百三十二萬匹馬力之水力，至一九〇七年。幾及三百五十萬匹馬力，至一九一一年。達六百萬匹馬力，至一九一五年，達八百萬匹馬力，占全國所有之水力五分之一。顧我國所藏之水力，亦列前茅，據英國某工程師調查，長江自重慶至宜昌，高

度相差四百七十六英尺，重慶長江之流量每秒約在七十七萬四千立方英尺，其水力之含蓄比之美國尼阿哥拉瀑布尙多約百分之三十。又如雲南之八達河瀑布，可發生馬力自二百五十萬至三百萬匹。四川之沱河，自五十萬至七十五萬匹。成都平原之長江自一百五十萬至二百萬匹。此已經調查者如此。其他若西北，西南，廣東，及東三省各河流之水力，皆含有數十萬匹之譜。此多量之水力，啓而用之，以我國之原料，配我國之水力，其利溥矣。今舉全世界水力之調查表於次：

洲別	蘊藏之馬力	已開發之馬力
亞洲	71,000,000	1,600,000
歐洲	45,000,000	8,870,000
非洲	190,000,000	11,000
北美	62,000,000	1,2210,000
南美	54,000,000	422,000
澳洲	17,000,000	147,000

國別	蘊藏之馬力	已開發之馬力
美國	28,000,000	9,000,000
阿拉斯加	2,000,000	40,000
加拿大	24,000,000	2,960,000
墨西哥	6,000,000	400,000
其他北美部分	6,000,000	390,000
巴西	25,000,000	250,000
智利	2,000,000	60,000
其他南美部分	27,000,000	110,000
瑞典	4,500,000	2,310,000
挪威	8,500,000	1,350,000
俄國	2,000,000	1,350,000
奥國	3,300,000	240,000
意大利	3,800,000	1,150,000

瑞士	4,700,000	1,280,000
德國	1,350,000	1,050,000
法國	5,350,000	1,400,000
英國	580,000	230,000
西班牙	4,000,000	600,000
其他歐洲部分	14,150,000	590,000
中國	20,000,000	1,600
印度	17,000,000	230,000
日本	10,000,000	2.020,000
西比利亞	29,000,000	90,000
其他亞洲部分	10,000,000	8,000
孔戈(比)	90,000,000	1,600
孔戈(法)	13,000,000	230,000
其他非洲部分	97,000,000	11,000
澳洲	8,870,000	147,000

(3) 交通 我國有幹流三十六，長者如長江，凡九千六百里。短者亦數百里，加之各大枝流，其長者，如漢水湘江，均在二千里之譜。是我國共有河道之交通，約百萬里之譜。而調查其實際，可供交通運輸者，不過六萬餘里，可航民船，二萬里，可航小輪，若言大輪，則僅約八千里耳。全國中有交通便利之河流，莫不首推長江。今略舉長江之形勢如下。

長江因各段寬度及傾斜之不同，其航線可分爲四大段：自敘州至重慶爲第一段，僅可供小民船航行。自重慶至宜昌爲第二段，可通民船與淺水汽輪。自宜昌至漢口爲第三段，可行吃水在六英尺以下之淺水汽輪。自漢口以下爲第四段，可行普通之江輪。此段因沙灘之阻礙，吃水太大之汽船，恆不能逕達漢口。據駕師之考究，吳淞至江陰，終年能通吃水二丈四尺之汽船；蕪湖以下，終年能通吃水一丈六尺之汽輪；漢口以下，終年能通吃水八尺之汽輪，然每年在七八九月之時，吃水二丈六尺之江輪，亦可直達漢口。

考漢口以下船舶之往來江中者，多由技術高超之駕師與經驗宏富之領港人爲前

導，否則傾覆擱淺等事，必屢見不鮮，良以沙灘之阻礙爲患也。水道因流勢之變化，致使浮沙出沒無定，淺灘沙洲，隨時變遷，故各輪航路，亦因時節而變更。夏季水漲，流速可增至一三、五秒尺，卽每句鐘七八海里。

或謂河道之利交通與否，尙爲次要，不如鐵路道路之運輸，爲便捷。此言果爾，則河道之交通，當可棄乎？不知二者相得益彰。蓋陸運利在時間迅速，而河運則利在載貨勝重。且鐵路道路之興築，糜費過甚。何若利用天然河流之爲省。卽鑿闢運河以利交通，於今歐美尙有爲之者，良以水運之運費省也。今抄錄美國雜誌 Mauufa cturers Record 之所調查於次：

以貨物重一噸，每美金一元可運之距離言之，

牲口車	四英里
運貨汽車	二十英里
鐵路	一百英里
運河(紐約運河)	三百英里
(歐洲運河)	三百英里
湖內	一千英里
河內(下水)	三千英里

由上表所示，可知陸運遠不如水運之經濟。我國有百萬里之河道，其運輸之利，豈可棄而不用乎？

（3）治河所得之副產物　涸出田畝治河之目標，爲灌漑田畝，取用水力，使國家之出產增。便利運輸，使商業發達，而國庫之歲收增。且因河道治，河身狹小、昔日常被泛濫而不經墾種之田，今可耕種，昔日之河床，今日可涸出一部爲良田、其改良及涸出之良田，在我國言之，何可以萬頃計？此皆治河所得之副產品也。茲就長江黃河及淮河論之，卽可知副產品利益之可觀矣。

長江　長江除最上游，水行山谷間，無何爲患，其下則沿岸皆有泛濫，均須整治。試思以長八九千里之河段，沿岸可涸出之田，當有若干萬方里，可以想見。英人鮑惠爾著長江濬江計畫，（十年前事）專就江陰以下爲患較大之段以言，曰，南通以下，江面有寬至十五英里者，其爲無用可知。鄙意江寬至三英里，卽便通航，餘者均可闢爲耕植之地，計此段共可涸出六十三萬一千畝，若以每畝九十元計之，可得五千六百七十九萬元。而其施工之費用，亦僅八百零四萬九千八百七十二元，如是則所獲之利當七倍於其所須之費。此僅就可涸出之田言之，尙未計入因泛濫而之廢田焉。

人徒震於治河費用之大，而不計其利

之巨也，是以每多阻撓發生，美國之密西西比河，乃如我國之長江。自一八七九年，設立密河委員會（Mississippi River Commission)後，用於該河及其枝流治理之費用，至一九二四年，已達一萬三千八百二十萬七千九百九十五金元。於一九二五年一年之間，就所管六區工程費達五百九十八萬六千六百元。此外民修堤岸費一百六十八萬六千零二十五元，五十四年內，國家及地方公私所用治河工程經費，總數達一萬九千三百三十六萬四千二百九十六元，所保面積約二萬七千六百三十七方英里。良以河流泛濫，漂沒田廬，損失人民生命財產之數，至鉅且慘，以言人道，文明國家亦不能不以治河爲首要也。

（黃河 黃河爲我國內地之第二大河，亦爲歷代盡力圖治之河。然迄今不但利未興而患且頻作。黃河之不治，實爲我國之大患，舉世水利工程家莫不注目斯河，如德之恩格司氏，美之費里門氏，均有論及斯河者。華洋義賑會西工程師杜德氏，曾進言於河南省，曰河自洛陽西北至河北省邊界之二百五十英里，內有數處闊及十里，而深僅二三尺者，此可縮之使寬至一里半，而深之至三十尺。如是可得副產物二百五十英里長，數里寬之田畝，其價值當近一萬萬元。又美國費里門氏對於黃河下游治理之計劃，亦云可得長二百英里至三百英里，寬五英里之田。是治黃之利，除上游引用水力，沿河灌溉田畝，交通運輸，使爲北方之長江外，且有無量數之良田爲涸出之副產品。治黃之事，國人豈可忽視之哉。

、淮河 自黃河奪淮故道，使淮河決其尾閭，而安徽江蘇二省之北部，逐年有漂沒之災，此江淮人士所最注意者也。今國民政府導淮委員會已擬有具體之治導計劃，行將實施開工，實堪爲二省流域內之居民慶幸。猶憶民國十年大水，就安徽一省言，被淹達四萬一千〇九十二方里，可謂慘矣。民十一，太平洋商務會議，華洋義賑會代表美人費吳生氏於該會議之宣言中有云，上年淮河水災之損失，被災地面六二九二〇八〇〇畝，損失農具人工肥料等，每畝以三元計，合一八八七六二四〇〇元。損失米糧產額，每畝以一担半計，合九四三八一二〇〇擔，每擔以六元計，合四七一九〇六〇〇〇元。居屋等損失之數，照上十分之一計，合四七一九〇六〇〇〇元。綜以上各項損失計之，已達六一三四七七八〇〇元。若淮河治理以後，既可免除上列之巨大損失，且可得治河副產品之田地五千萬畝，每畝卽云產米一擔半，有七千五百萬担，每擔之値定五元，亦値

三七五〇〇〇〇〇〇〇元。如是則民十所受水災之損失當爲九八八四七七八〇〇元，治與不治，其利害之懸殊若是，則讀者於此，當益明瞭治河之要且急也。

(三)　河流之性

河流之長者，恆數千里，短者，亦數百里，寬數百尺或數千尺，其水之流勢，爲力當何如，欲以人工治之，而欲指之東則東，指之西則西，實不可能也。故治河者，必須順水之性，而善導之。不可逆水之性而束縛之。是以今昔中外治河專家，無不宗自然之論(Natural theory)也。故計劃工事，必本河流之性，此所以先述河流之性，而後論及計劃工事也。

(1)河流之現象　河流之現象，可分全河爲五段述之：(a)河源　河源或爲泉水，或爲融雪及雨水，或由三者。綜合而成，其水或多或寡，要皆不致爲害，而亦不足爲利。然欲河之治也，河源亦應注意，或清其源，以使之涓涓不欲。或節其流，以使之四季調勻。爲量雖小，誠治水之基也。(b)上游　河至上游，來脈已多，水勢增大，當大雨之後，融雪之期，大石推轉而下，沙礫隨溜漂流，中游下游之水患，卽因以發生。故上游之治，於治河收效常宏。(c)中游　中游地平土疏，流緩沙沈，而洪水傾注，尤易泛濫。其爲現象，則生灘嘴，墊河床，洪水期則漫溢地畝。(d)下游　下游之現象類似中游，但地愈平衍，流愈緩慢，而生洲渚，陷灣岸，坍田畝，河身亦時變化，故有十年河東，十年河西之語。(e)河口　河流入海之口，悉視本身挾沙之多寡，及潮汐之大小，而所呈之現象各異。小河入海之口，常深且寬，潮汐進退其間，勢甚猛烈。大河入海之口，多淤積爲攔門沙，或三角洲，是故水淺而有行船之阻礙也。凡河口祇有三角洲而不成漏斗式者，乃無潮汐之河口，縱有之亦必甚微。凡河口之三角洲甚大，而各支流仍成漏斗式者，必其河口之潮汐甚猛，而河流挾沙又極豐富者。凡河口成漏斗式而無三角洲者，必其河口之潮汐極猛，而河流挾沙又極少者。故欲治大河之河口，必須設法減其挾沙。

上述河流之現象，係依地勢與水流之不同，而分全河爲五段言之。茲再分五段以觀察之(a)河床(d)挾沙(c)水位(b)比降(e)冰凘。

(a)河床　河道未有直而不曲者，蓋因河岸之土質強弱不一，水勢避強攻弱，是以曲而不直。又因水性利曲，曲則其流壹，直則其流歧。故上流曲而左，下流則曲而右。上下二曲，其間直段名過渡。(Crossing)河床中水之深淺，亦不一致，

最深之處，偏近凹岸，其曲愈銳，其流愈急，而其水益深，凸岸則水愈淺。惟過渡處，水深差異較微。於河曲處，其變化則凸岸，日以加增，凹岸日以坍損。過渡之類有二，一則漕谿之綫直流經過，稱有律過渡。一則漕谿之線間斷，中間有梗，舟須越過之，乃能由一深漕以達他深漕，此名無律過渡。

(b)挾沙　河流之上游與近源處，水流陡急，其力可挾巨石及丸石同流，此類之粗大石礫，多由風化及水之侵蝕，自懸崖崩耆。流丸觸摩，漸成碎礫，至水中細沙，亦岩石風化之細品也，故細沙與粗大石礫同見於河之上游。河中挾沙之大小，視乎水流之緩急，大沙常見於急流，而緩流則僅能挾細沙以行。又因近床址處，流速不一，故所挾沙，中流恆大於兩岸。水流挾沙，旣關流速，苣博阿氏(Du Buat)之觀察所得如下。

所挾沙類	平均橫斷面流速
細黏土	每秒0.08公尺
黏土雜沙	每秒0.16公尺
稜角沙礫	每秒0.2 公尺
小石礫	每秒0.26公尺
大石礫	每秒0.8 公尺
小丸石(栗大)	每秒0.65公尺
稜角石(梨大)	每秒1.0 公尺

挾沙之力有數因子，流速乃其一也。以下述河流之力，當再詳述之，

河流於洪水後，其所挾沙石，常停積迤邐，而以過渡中爲尤多。是故於低水時，則露出水面，草卉繁殖，愈益鞏固，而成洲渚。至直流之段，倚岸停沙，亦生新灣。通常沙石最易停滯之處，爲凸岸，爲支流入幹河口處，及幹河入海口處。

讀 Thomas and Watt 所著之 Improvement of Rivers第一本第一章，水之冲刷力大於河床之阻力時，則沙土立被攜起。水之冲刷力不足以敵河床之阻力時，則沙土立卽淤積。

(c)水位　水位者，水面高低之位也。雨雪之水，足以增益河水流量，流量有增減，水位則有高低。水位高出河漕，則泛濫爲災。水位過低，則船膠於底而不可航。是則水位之變異，與治河亦有相當之關係也。

(d)比降　比降者，卽水面上下二點高低之差，與其平距之比。河水之面，自泉源以至入海，比降非一律也。大抵上游最陡，中下游以次漸緩。而河身由寬趨狹者，其比降亦陡，因流量之不變，河身狹則其流速勢必加劇，流速增則其比降陡矣。當枝流入幹河後，則以其流之清濁，損益其入口以下幹河之比降。水清足以助幹

河刷沙，水濁則沙沈口下，而幹河比降增矣。又二歧合併後，因河斷面未若二歧流斷面和之大，是以亦使水流加陡。河床以岩石爲底者，其比降常陡，且常演作急流或瀑布。

水位高低異，比降亦有伸縮，蓋低水面之比降，頗與河底相依隨，河底高則水面亦高，河底低則水面亦低。而水深者，比降弱。水淺者，比降强。至洪水面，則幾全與河底無關。

河流之比降與河床土質，亦頗有關。蓋河水侵蝕河床之力，視乎比降，而河床土質，則視其抵抗力，被留或被冲刷。倫達爾對於河流現狀觀察，有如下之所得：

河床土質	比降
塊石	0.00275至0.0035
堅土與石	0.00095至0.00114
堅硬黏土	0.00095至0.00114
粗沙礫	0.00038至0.000568
僅粗沙	0.00020至0.00038
細沙	0.000063至0.00019

(e)冰澌　河流之現象中，有常爲人所忽略，而實有驚人之價値者，即冰澌是也。於靜水之中，因冷空氣之接觸，結冰自水面始，若動水則不然，逝者不息，上下水層，溫度幾同。如溫度降至冰點時，先自河底結冰，因該處之流速滯也。始成之冰晶，必附着於沙礫，逮冰塊漸大，則連沙礫而浮漂於水面。浮冰愈集愈多，則流至河身狹處或灣曲處，與夫橋礅之間，聚結爲一巨塊，遂因之不能流動。又凡河流近口處，其流速遲緩，亦爲積冰之所。

春初水漲，水於冰下不能容，冰蓋乃圮裂暴潰，遂復流動，成爲冰澌，而復積於河身狹處，灣曲處，橋礅處。雖因天氣已暖，不致再結成大塊，但融解遲慢，冰積以衆，壅不能前，至阻礙河流，或河流全被塞止，形成爲攔河之壩。水漲於上，而漫決兩岸，毀損河工，兼及田畝，是皆冰澌之害也。不獨此也，時或冰塞之下，水落成乾陸，而河道因以改移，爲害尤大。是以我國河工，向有凌汛，當冬至前，冰塊漸結積聚之時，兵夫駕淺如蝙蝠，小如舴艋，底附竹片之舟，各攜打凌器具，上下往來以鑿之。歐美各國，昔者亦用椎鑿或炸藥爆裂，今則用外甲特別堅厚之鑿冰汽船，往來行於河中，專事撞碎冰塊，使之下流不壅。

(2)河流之力　河流之力，在於流速與水量，流速大者其力大。水量大者雖同其流速，力亦增大。流速之大小，由於河床之性質，河身剖面之形狀，及水面之比降。蓋河床光滑者，流速大。河床粗糙者，流速小。河身剖面之形狀，由於水幕半

徑而定，水幕半徑者，河身橫剖面積與橫剖面積順周之比也，故前者大而後者小，則流速大。前者小，後者大，則流速小。比降大，流速大。比降小，流速小，此關於流速者也。若水量之大小，則係乎雨雪及流域之形勢。蓋雨雪多，則水量大。（水量大由水位增而定）流域之內，逕流多，則水量亦大。又流域大則水量大，此流速與水量，人皆可得而駕馭之。

（3）中外治河專家對河性之觀察　今之治河家從實際之觀察及實驗，以得河性；昔之談水者，因事理之通達，所言亦常中肯，故我國河工諸書，其妙訣巧方，誠有足以師法者甚多。倘繩之以科學之治理，參以西法，有非西人所能及者也。今擇錄我國昔日之言河性者於次：後漢明帝詔曰：『左隄彊則右隄傷，左右俱強，則下方傷。』宋神宗語曰：『水性趨下，以道治水，則無違其性可也。』蘇轍曰：『黃河之性，急則流通，緩則淤澱，卽無東西皆急之勢，安有兩河并行之理。』（此言河成兩歧，河道必毀。）潘季馴曰：『河之性，宜合不宜分，宜急不宜緩。合則流急，急則盪滌而河深。分則流緩，緩則停滯而沙淤。此以隄束水，借水攻沙，爲以水治水之良法也。』嵇曾筠曰：『治河之要，深其槽以遂其性而已。治河之方，相勢設壩以作溜勢而已。』又曰：『夫河之敗，不敗於潰決四出之日，而敗於槽平無溜之時。河性激而善回，深與回，常相待也。槽淺則流不激，水無以回而爲淤；淺者益淺，激者益平，河性怫矣，能毋怒乎？』陳潢曰：『河之性，約而言，則曰就下。分而言：則避逆而趨順也；避壅而趨疏也；避遠而趨近也；避險阻而趨坦易也。漲則氣聚，聚不能洩，則其性乃怒。分則氣衰，衰不能激，則其性又沈。』又曰：『治河必順水性，必度勢也。如有患在下，而所以致患者在上，則勢在上也，當溯其源而塞之。又有患在上，而所以致患者在下，則勢在下也，當疏其流以洩之。苟不知勢，則用力多而成功少；若審勢以行水，則事半而功倍。

今日科學之治河，亦俱因乎自然，不加約束而善導之。法人法格（Fargue）之治噶檠河，曾有下列五項之觀察：(a)漕線依凹岸而行。(b)淺灘沿凸岸而生。(c)河曲愈甚，漕綫愈深，而淺灘亦愈外伸。(d)河槽之深與河曲之度成正比，河之最深處與淺灘之最大處，則在河曲最銳處之下游。(e)河槽之淺段，在於河曲由一岸轉入他岸之過渡段內。法格氏卽依此而定治河之律五條，世人稱之爲法人治河之定律。(French Rules)今亦述於下：(a)

欲河身之固定不變，河身須作蜿蜒曲折之狀，順序沿兩岸作灣，不可成矢直。(b)欲全河之漕線無過淺膠舟之處，則蜿蜒之曲度。不宜過大或過小。(c)欲全河之漕線有規律，則河之曲度，須漸遞增大，亦漸遞縮小，如鐵路之漸曲線然。(d)河身之寬度，宜與河曲之度成正比。卽河身之曲度最銳處。亦卽河寬度之最大處也；河身由一曲而變爲他曲之過渡處，河幅最小之處也。(e)在過渡處，兩岸之變向點，(point of Inflection)其由凹岸而變凸岸者，須在於由凸岸而變凹岸者之先。

（四）　測量工作

前章所言河流之性與本章之測量，工作二者皆爲治河計畫與工事之資料。治河測量之工作，可分爲二部：(1)地形測量，(2)水文測量。

(1) 地形測量　河之流域，乃其分水嶺以內所包之面積也。在此面積之內，凡所有天然之形勢與人工之布置，莫不直接或間接有關於斯河。欲治斯河，則此全流域之地形圖，實不可少缺。蓋地形圖者，舉凡全河流域之支議，港灣，市鎭村舍，山林，田畝，岡巒，淀泊等所有之物，皆由測量之所得，示之於圖上。尤重於地勢高低起伏之狀，凡屬同高之點，以綫連之，稱同高線。或依據此同高線而繪斜坡線，則爲一般市中所售地圖代表山脈者之類也。其規定之同高線間立面距離，稱同高綫間距。大抵治河所用之地形測量，其比例尺至大者爲千分之一，其次二千五百分之一，又有五千分之一以下，至五萬分之一者，其同高綫間距，則爲一尺，二尺，五尺，十尺，二十尺，四十尺，五十尺，不等。

我國政府未遑爲全國之精密地形測量，一旦欲治某河，勢必先作該河流域內之地形測量，而後方可着手計畫而治導之。惟以流域面積之大者，如黃河約一百六十萬方里。長江約五百二十萬方里。其小者亦皆數萬方里數十萬方里。則測量工事之於中國，已急不可待矣。故余特介紹空中攝影測量，以爲救急之用。空中攝影測量者，以空中攝影機置飛機上，沿所欲測之地，往來平行飛駛，以攝取地面之影，依據此影以製圖。空中攝影測量，雖不若用平板儀之法爲精，但爲製數千分之一及數萬分之一之圖，其精密度已足敷應用，而節時多矣。

(2) 水文測量　水文測量者，屬於水上之測量也。玆可爲(a)河道測量(b)流量測量(c)水位測量(d)沙量測量(e)雨量測量(f)蒸發量測量六項述之。

(a) 河道測量　河道測量之圖分三類：第一類爲沿河施測，示其灣轉直曲寬狹淤積洲渚之所在。換言之，卽全河河身之測量，而兩岸里內之地形亦備也。其河中淤積淺灘之象，可自其河底之同高綫視之。河道測量，水準之測須精密，蓋水趨平，倘水準測量不精，水因趨平，其工事結果之損益，立卽證之。第二類爲沿河流之向，根據所測量之結果，示出河岸河底之坡度與高低，水面之比降與波折，兩岸地面之傾斜度者爲縱斷面圖，第三類爲橫斷面圖，於橫斷面圖內，可以表現河床形狀大小深淺高低，斯二斷面者，爲計畫工事，最要之根據，良以河道容水量，有以繫之也。

(b) 流量測量　於一河流之某地，測其流水之速度，又測得其橫斷面，以橫斷面乘速度，則得流量，卽謂於此定時間內，所流過之水量也。測量流量之地，曰流量測站。測站所在地，當擇其河段較直，而河床較固者，方稱適宜。蓋如是則流速不受外界之特殊影響，所得之値較爲可恃也。流量之大者，於黃河則爲每秒鐘七千五百立方公尺，而其小者，每秒鐘三百立方公尺。於長江，——據上海濬浦局報告，——其最大値爲每秒五萬六千五百立方公尺，最小値爲每秒六千五百立方公尺。又橫斷面積，因水位之大小而異，故水位與流量有直接之關係。測橫斷面以求流量時，必兼記錄水位。故可以水位與流量爲縱橫座標，製流量比率曲綫，嗣後則知水位，卽能推算流量也。

一河流量之大小，視其流域之大小，流域內之地質耕植若何，及流域內雨量之多寡而異。流域大小，本不能變，流域內之土質，亦不能易，是故流量之大小僅繫乎雨量之多寡也。雨落地面，有滲入地中者，植物吸取者，日光蒸發者，而終有一部逕流地上而歸入河流者。倘知每年或每月每日某地之平均雨量，又知其蒸發與滲漉之量，則自平均雨量減去之，以與流域面積相乘，卽得每年或每月每日流入河中之總雨量矣。於此總雨量中，以每年或每月每日之若干秒數除之，則得平均雨水之流量。若以此河流域面積，除其流量，則得全流域中每單位面積內每秒鐘平均流水若干，是名曰流量係數。德人稻克米脫曾由多數測量結果得下表，倘如某河之未經測定流量者，可按其流域大小，由該表可約計其流量焉。

	流　域　土　質	流量係數 公升/方公里
低水位	平衍或培壞之地。土質不甚疏漏者。	0.5至1.2
	平衍之地。多湖及林者。	1 2至2.0
	山林地與培壞之地土質疏漏者。	1.6至2.4
平均高水位流域面積500平方公里以上	平衍之地。多湖且泛濫區廣者。	15至40
	平衍或培壞之地土質疏漏者。	30至80
	同上土質不甚疏漏者。	60至150
	山地	80至200

(c) 水位測量　水位之有關於流量，已於流量測量項中略述。由水位之高下，可推知沿河漲落情形，與夫上下沿岸農田之安危及駛航之平險。且比降亦自沿河各處水位之觀測而知之。故水位測量雖本簡易，但甚重要，當常年審愼觀測而記載之也。測水位之處，名水位測站，或水標站。凡流量測站必兼觀測水位，而沿河每隔若干距離，（約三四十里）設立一水位測站，以多爲佳也。蓋此測站，水則（亦稱水標）旣立，則有一人能審愼將事，於每日一定之時讀而記載之，不誤卽可。

水則者，一長尺耳。立於河旁之僻靜處，以防冰澌波浪行船等之損壞，水位之類別有七一爲「低水位」，爲多年中所觀察最低水位之値。二爲「平均低水位」，爲各年低水位之平均値，治河家名之爲治導水位。準此水位，加以治導，用得航深。三爲「中水位」，爲多年觀測中一切水位之平均値，此亦最緊要者也。蓋治導建築物，其高多以中水位爲準。四爲「夏令平均水位」，爲多年觀測中，各年夏令一切水位之平均値。五爲「常水位」，別乎中水位者，乃因其爲多年所察之最尋常水位也。高乎此者與不及此者之水位數，兩相埒也。六爲「洪水位」，亦稱「最高水位」，乃多年觀測中之最高水位也。此爲硏究洪水量最重要之件。此水位之得，乃於每年漲水極盛之時，其水位達於最高之時之紀錄，倘非僅由隔一小時一觀察之紀錄所得也。七爲「平均高水位」，乃爲各年高水位之平均値。以時與記載所得之水位，爲縱橫座標

，製作曲綫，以備審察，名「水位曲綫」。

(d) 沙量測量　河身之淤積，及沙洲之綿亙，多由於河中沙量之作祟。沙量與流量流速水位均有關係，更為研究河性者之重要品件。通常沙量之測驗，不另立沙量測站，而附屬於流量測站及水位測站內。換而言之，卽凡流量測站與水位測站，皆有沙量測驗之工作，因水之深淺而含沙量不同，故須於各深度皆汲取之。又水之近兩岸與在中泓者，挾沙量亦不同，故於每斷面內又當於多數垂直線內取之，用以考驗其成分，重量，容積，質性等。

津浦鐵路於建造黃河橋之先，曾測驗黃河沙量，其表如下：

一九二〇年	水位(公尺)	沈澱質(以水重百分計)
六月廿三日	28.76	0.52
同	,,	0.57
十一月廿八日	29.14	0.60
同	,,	0.53
七月十七日	29.51	0.65
八月十五日	30.59	2.60
同	,,	2.63
七月廿七日	30.71	2.93
同	,,	4.09

上海濬浦局報告書內云大江所含沙量，於蕪湖測驗所得者為重量百萬分之五十六至一千四百一十二，每歲平均當為百萬分之五百。設令其比重通勻計之為一．四，則其容積得百萬分之三百五十七，卽每秒鐘輸沙十立方公尺，每歲卽可輸沙入海3,150,000,000 立方公尺。以如此鉅量之沙，沉墊於海口，一年卽可成小島，是以長江之口，每年淤淺有加，而為輪船出入之阻也。

(e) 雨量測量　一河流量之大小，水位之高低，悉繫乎全流域內天空降落之雨雪，前已略述之矣。天空降落之水。若能量之，則流量水位之事，俱有根據矣。故治河者，必須得之以為重要根據，覩此則雨量測量之為重要，不待言矣。量雨之站

，名「雨量站」。雨量站非似流量站水標站等之須沿河而設，乃須散布全域之內方可，故除流量站水位站之應兼爲雨量之記載外，內地亦應多設雨量站也。曩者余嘗建議，凡鄙國內有警察之處，則請其代記雨量，必能分布較勻。昔北平中央觀象台亦嘗有委記全國中小學校報告雨量之計畫，惜未能實現耳。蓋此項雨量之記載非普遍而年久，無裨於實際也。（流量水位等之觀測亦然）

一地雨量之分布，有關於風向，地勢，氣溫三者。吾國之風向，夏季多來自南或東南，冬季則多來自北或西北。吾國東南濱海，西北爲高原，故國中東南方之雨量多，而西北方之雨量少；至若氣溫之變，影響氣壓，氣壓至低，則生風暴，風暴之來也，常攜雲雨與俱。我國之風暴可分三類：一爲「滿蒙風暴」，因自西北來，故少攜雨。一爲「本部風暴」，沿長江黃河流域東行，本部之雨量，多得之也。一爲「太平洋之風暴」，卽所謂颶風也，於夏季常沿中國南方海岸而進，故閩粵一帶霖雨常爲所致也。

量雨用雨量計，設置之處，須不受鄰近任何物之影響。以之可得每年之平均雨量。又於潦歲，須求其最大之雨量。於旱歲，求其最小之雨量。以爲治河備潦防旱等工事之依據。一月中之最大雨量與一日中之最大雨量，亦當記之，以備參考。

雨之降於地也，其去途有三：曰逕流，蒸發，及滲漉。而逕流爲直接歸入河中者，故治河家特注意及之。地勢坦平者，滲漉易；傾斜者，逕流多。土壤鬆疏者，滲漉易；堅實者，逕流多。地面多草木者，蒸發易；不毛者，滲漉多。炎熱之地，蒸發易；寒冷之地，逕流多。乾燥之地，滲漉易；潮溼之地，逕流多。又有風之地，蒸發易；無風之地，蒸發微。

（f）蒸發量測量　蒸發量測驗，其法與雨量測驗同，卽以所蒸耗之深度計也。或以年計之，或以季計之，或以月計之，或以日計之。如曰水庫中之水，其蒸發爲一年五百公釐，則謂其由蒸發而消耗者，其量爲水庫總面積乘以五百公厘之高也。

蒸發量之大小，與氣象地理二者攸關最多，今大略舉之：

(1) 於每年雨量分布平勻之區，蒸發量與雨量成正比。

(2) 蒸發量與氣壓成反比。但與分水嶺之高，約成正比。

(3) 蒸發率與乾溼溫度計之差數約成正比。

(4) 氣溫增則蒸發量增。蓋氣溫每增華氏表廿度，大氣中所含水分增其一倍。

又溫度每增高一度，雨水之蒸發，約增百分之二。

(5) 蒸發與風之大小約成正比。

(五) 治導計劃

我國以農立國，於一河流水量之利用，當以農田灌溉爲首要，本此宗旨則可分治導計劃爲三種，(1)瀉水計劃，(2)工程計劃，(3)計劃試驗，

(1)瀉水計劃 此種計劃之目的在增加低水時之水量，而減少洪水時之水量。使河岸整飭，岸坡適當，無坍陷之患。河床斜坦，無潭礁之累。河曲彎度，無礙船舶之轉動。此計劃，可分爲(a)漕線計劃，與(b)橫斷面計劃。

(a)漕線計劃 此之謂河道之整理計劃也。其主點爲統一河槽與調治比降；其目的在求河床之刷深，使淺瀨之不能存在也。

漕線之計劃，施於上游者，須先制止岩石之崩秃，再施護岸固坡之工事。蓋上游之患，在於水力猛，恐其河床之過於蝕深也，故皆建設階級式之石坊，以分殺水勢，調治其比降。坊不宜高而數可多，坊之爲用，不但平其比降，亦且可以截留沙石，故宜擇荒溪細頸處，施截沙之坊，使其上部之平坦寬大之溪面，爲容納沙石之所。又上游之河幅，利其寬，因寬則水流可以不致過激也。其於中下游，河道不整之現象爲歧流爲巨灣。故其漕線之整理計劃，應爲堵塞歧流，裁去巨灣。河流遇支歧處，其水面恆因壅積而漲高，故堵塞支歧之後，水歸併一槽，而免壅積之患矣。灣之巨者如牛軛，其影響與支歧同，故塞歧與裁灣，皆可使比降增加，而河床因之刷深。此二計劃，其利除使漕線之整齊，且可得涸出之田畝，及便於航舟，更減少被保護之河岸也。至於河口之漕線計劃，須分潮汐河口與非潮汐河口：潮汐河口之治理，應促進潮流之發展，故應於潮區界點下，放寬河幅而除去其潮流之障礙，則潮流出入自若，而刷沙之力加大，河口免致淤積。自河口上溯，流量漸減，所需河幅亦漸小，故已治理之河，其形有若喇叭口，與天然之河口相類。於河口之分歧者，可擇一供航運之河槽，河口之外，爲之築堤，使便於潮水之刷洗。於非潮汐河口之治理，其目標亦爲阻止沙礫之淤積。欲求低水期內或海水低落時之保持航行深度，常於河口，築平行導堤。堤高應出於洪水位，而距離應求海水於極高時最大洪水仍能暢流入海爲度。其口外之長，須達海之深處，使海流之力足以攜沙而去。至如支流分歧之河口，應擇其最細之流爲航道，因細流口外之沙最少，易於治理也。

（b）橫斷面計劃　治導計劃中，當以橫斷面計劃爲最要。橫斷面計劃就其爲用觀之，須便於水流之下注，而其寬須容納本河流內二大船之航行，其深須於低水期內，使大船不致膠於底而不能進也。若就河工治導之事觀之，此計劃須能挾沙以行，不澱不蝕，不侵削岸址。天然河流，皆有其性，必待流量沙量比降與橫斷面之形狀相合，常保其均勢方可，則前所言之河流之力，得其用矣。故進行之法，須沿河上下觀察，求其比降漸緩，挾沙不淤，寬深足以通航，流溜不致洗刷河床，崩潰岸坡者，擇其數處，以爲模範河段，凡所計劃，以此爲標準，而力求與地方情勢適合。

既得模範河段矣，歷長時間之觀察，熟審其河床岸土之性質，水位變遷之緩急，斟酌損益，而求得計算公式中之常本。卽平均橫斷面幕，平均潤周，平均水幕半徑，平均流量等等。并因該河挾沙之多寡，以定新河之標準橫斷面。河床之天然者，其橫斷面大都悉爲拋物線式，通常皆就梯式爲計劃，而河利其自然之力以趨變爲拋物線式。橫斷面有二式，一由岸坡率及橫斷面積等項決定河底之寬及河槽之深，是爲「簡式橫斷面」。若欲令中水低水共流一梯形槽內，而洪水則另築堤以容之，是爲「複式橫斷面」。至於河流之挾沙多者，則必須顧及排沙之量，而用挾沙公式計算。使河槽之深，恰好能排其沙量，若以排沙係數定沙動率之値，以沙動率之値定梯形底寬，是爲「簡式橫斷面」。若以河之本槽，僅容中水，以運送其沙量，以築堤防洪水，是爲「複式橫斷面」。總上複式簡式二者之比較，其利弊如下：使河床土質堅實難蝕者，則築堤足以防難估計之洪量，故以複式爲便。若河床土質疏鬆易變者，則恐洪水暴漲，冲刷床址，坍崩岸坡，而因以破壞本槽，則應用簡式爲佳。

（2）工程計劃

（a）治本工程計劃　河之病，在於淤，淤者沙之爲患也，故應去沙；又在於泛濫，泛濫者，水量過多也，故應減水量；又在於乾涸，乾涸者，水不足也，故應蓄水；此皆屬於治本者也。故治本之工程，一曰截沙，截沙可普遍於全流域內以分截之，其法於田畝之畔，叢植矮柳，或其他類之樹株，以便截雨水冲下之沙土。河流本身之沙則於河源上游處，設截沙磔之谷坊工程。二曰減流，減流之法亦分普遍者與本身者二種。普遍者卽全流域內滿掘溝洫，以其所減之流用爲灌溉田畝。灌溉田畝之事，卽爲我國最要之水利事業，故値旱之年，雨水可以留於溝洫中，免得直流

入河，一洩不返；潦之年，亦以其洩水，免水潴田畝中也。我國古時講溝洫之制，其用意卽在此關于本身者則於洪水期內，利用上源之谷以洩洪，則所謂瀉洪谷也。此專就減流以言，若兼爲農田灌漑取用水力，則常利用地勢，築壩於狹口，以容多量之水，則又兼減流之用矣。三曰縮河身，河身狹，則可以束水刷沙，無淤積之患，又可以使河加深，便於行舟也。四曰整理河底，此依據漕線計劃調治比降之法，使無湍流瀑布，利於運輸，兼防河決。五曰治理荒溪，治理荒溪者，實爲全河之正本淸源之工作。六曰塞歧流，以一水道，免河流擱淺之患。七曰裁巨灣，使河長縮短，利交通，而兼便洩水。

（b）治標工程計劃　截沙固爲治本計劃，但有截之未盡者，則河流中不免仍有沙礫矣。減流固爲治本計劃，但有過溼之年，雨水甚多，勢必泛濫者矣。故必備治標之法，以補治本之不足。治標之工程，一曰除淤，卽用人力或機器之力，去除淤沙，使流水暢達，以增益流水刷沙之力，并以挖深河槽，以便行舟。二曰沙池，沙池設於中上游者，其用與洩洪谷等，使洪水洩入，則沙隨入，而澱於池中。其利可變荒谷爲美田。三曰洩洪，洪水過大，有泛濫之虞，則用引河，以分洩其洪水也。四曰容洪，容洪者，通河流於湖泊或沼澤，則河中之洪水可洩其一部入焉。因湖泊沼澤之面積廣闊，雖增加若干水量，其於水位之加高無幾，又於河流兩岸築堤，則洪水雖至，水位加漲，因堤防之加高亦可免泛濫。此因築堤而增加河流之容量，故可目之爲容洪。築堤之爲容洪，其效力常比備湖泊以容洪者，其量爲大，蓋以河之長，兩堤之寬，以之容洪，既無須借地，又易順流而下，故堤之爲用於今日正大也。五曰護岸，因洪水之冲蝕，兩岸常易被侵，侵而坍陷，田畝損失固鉅，而河道因以變遷，河床因以淤塞，其爲害於治河工程亦甚大，故護岸工程亦爲治河工程要者之一。

治本工程計劃中所用之建築物，多屬壩類。治標工程計劃中所用之建築物，其主要者爲築堤。今僅就壩，隄二類，述之於下。

壩類　壩之種類亦甚繁，其最普通者爲丁壩順壩潛壩三種。前二者乃建設新岸所需，後者則爲鞏固河床之要物也。第一種爲丁壩，其方向與河流相交，尾端與舊岸相接，而其首端卽爲新岸線之界。建設丁壩，之目的使相鄰二丁壩間之速淤塞。俟漲沙既滿，新岸已成。

丁壩又有上挑丁壩，正挑丁壩，及下

挑丁二壩種。所謂「下挑」者，其方向斜向下游，故受水壓力甚少，然淤沙之量亦極微。所謂「正挑」者，其方向與河流成直垂，有潮汐處宜用之。「上挑丁壩」乃最合於普通河流之性以其斜向上游，易見淤沙之效。築壩之地，凹岸當較直岸爲多也，

第二種爲順壩其方向與河流平行，即係按照治導之河線而建設者。其上端須與堅固之岸相接，頂與中水位齊，壩後應建格壩與舊岸相接，以防壩後之生水溜。格壩之形勢，略同丁壩。於河流陡灣處，亦有先築丁壩，而連其壩頭以成順壩者，因丁壩於此處易起旋溜也。又大河曲處之順壩，往往不用隔壩，以爲行船之避風港者，惟其高須與洪水位等耳。丁順二壩於應用上各有優劣之點，故用之宜審度情勢，河灣凹面以順壩爲宜，凸面以丁壩爲宜。而直河之寬者，以丁壩爲宜，狹者以順壩爲宜。

第三種爲潛壩，其建築，係橫過河底者，乃爲整飭河床之用。蓋急湍之下，必有深潭，河之深淺，多不一律，潛壩卽建於此深潭內，其頂部之高度，較標準橫斷面稍低，以不礙行船爲要。其自岸而深入河心，壩頂微斜。潛壩之前，淤積極易，河床之墊高甚速，但壩之距離，不宜過大耳。

堤　堤之名類，於吾國甚多，歐美亦然。茲撮其要而分述之：「一爲封口堤」，堤之兩端，俱與高地相連者也。「二爲開口堤」，堤之一端連於高地，使洪水時，可掩及一部分低地。三爲「翼隄」，一端連幹隄，而斜伸河中，以導流向，藉以縮短幹隄之長。四爲「返水堤」，築于枝流旁，防幹河漲時之倒流。堤線最忌灣曲，而兩岸之堤，須力求平行。

（3）計劃試驗　瀉水之計劃與工程之計劃，畢其事矣，即行將施工乎？曰，尙未可也。蓋計劃固依理論與計算，然人事之謀，其能盡合自然乎？倘有違背自然之力，其結果必爲失敗。因河固如此其巨，流量之力，如此其大，而工事之繁重，用費之數，常數十百萬元，豈可不審愼將事？故計劃既畢，施工之前，仍有一步極重要之工作，即計劃試驗是也。

初法國法格氏治理噶榮河口，嘗製模型以試驗其計劃，時在一八七五年，其模型長六十公尺，寬一公尺，審愼試驗，積二年之力乃定，此蓋用試驗以治河之先河也。其後約於一八八七年，英人哈苦特氏，受法政府之託，試驗塞因河口改善之計劃，其計劃凡十四種，而欲擇一較善者行之，彼遂製水泥模型一具，平面爲一比四萬之縮率，高低用一比四百之縮率，其長

九尺，以其計劃逐一研究之，結果十四種計劃之功效，而無一可取者，於是法政府又命其本國著名工師試驗之，其結果竟與哈苦特氏同，設若非試驗之功，其幾百萬金有不虛擲者乎？吾人試驗治導計劃，應多製大小不同之模型，以分別試驗，參較研究，絕不可以一得，遂即滿志，冒然施工。昔河海工科大學，曾有河工模型試驗，其後擬建河工試驗室，然卒未果，殊可歎也。考河工試驗室，乃為治河事業之至要者，我國南北雖有數十河工試驗室成立，以為全國河流治導計劃之試驗，尙虞不足。

凡欲試驗，必先將所欲治之河段，本諸測量結果，依比例之大小，於試驗槽內製為模型。尋常所製之模型，應在十數公尺或數十公尺之長，方為可恃，蓋模型愈小，則所得試驗之結果，愈不精細也。試驗約可分為二類：(a)模型之試，此言試驗模型之是否逼肖眞河，模型製畢，按流量之大小，依比例之縮率，注水其上。至於潮汐之河口治導試驗，則又因應大潮，小潮，潮期，以及凡潮汐所有之現象，按比例之縮率，設伶巧之機，以注水分流，代表眞潮，如此逐步審愼試驗，用視流況，沙之遷移淤積，岸底洲堵刷蝕之象，潮沙昇降之影響，以與河流實際所觀察者對照比擬。苟模型製之得法，縮率無有差謬，則試驗所得之現象，未有不酷似眞河者也。(b)計劃之試驗，即所擬計劃當否之試驗也。蓋某種計劃，其目的必有某種之效果，施工結果，是否如此，須事先試驗之。或有應改正之處，亦由此而得也。譬之試驗土壩，則上挑正挑下挑結果如何？壩與壩之間距若何，過大則固不足，過小則靡費，是故凡建築物之位置大小形式，全由試驗決定焉。

(六)　治河工事

述治河工事，可分(1)材料與(2)工程二項。

(1) 材料　河工所用材料之量最多，故雖以至賤之物料，因其為量之多也，其價亦常在若干萬元以上，故取料應隨地就其所出者採擇之。於河源上游，石類常易得而價廉，則多用焉。中下游石料少而價較昂，故多用薪木沙土。然此不可一概而論，蓋工程以經濟為主，其用費寡而不能保持長久，則亦非經濟之道也。故必臨時就環境情勢為決。

(2) 工程　河工之以石所施設者，名石工。以薪梢所施設者，曰梢工。此二者，為治河工程之最主要者也。今約略分述之。

石功　石工可分為三類：第一類鋪為

石，鋪河底者，宜使石縫正交溜向。鋪岸坡者，宜使石縫向下游斜仰。如是則水不易鑽入，而石工之下，不致爲水洗刷成空，且易爲沙泥所填實。鋪石之面，亦當光平，否則一經冰澌漂木觸撞，一石拔鬆，全面圮裂矣。第二類爲抛石，用此以爲建築物之基址，或防禦水流之刷挾。前者之用，抛石時應以木桿探撥，使之均整穩固，其上粗砌片石，以爲建築物之所凭倚。後者之用，則欲其鬆動，因鬆動可隨底土之坍陷而償其虛容。等三類爲墜石，此亦用作掩護岸坡者也。爲用略同抛石，乃高堆片石於沿岸，待岸爲水侵蝕而崩陷，則石爲之墜入水中。或倚坡上，以石造壁其法常見，故不贅。

梢工　其種類有四：一爲梢龍，乃以鉛絲束紮柔韌樹枝而成，圓徑約可十公分至十五公分，長無定。臨用時，當場製之，尋常大約皆在二十公尺長之譜。二爲沈梢，此於梢料內裹碎石，圓徑通常約六十至一百二十公分，長三公尺至六公尺之譜。用此於岸工者，卽順岸坡滾下，用於河中者，以船載往該處沈之。三爲石籠，此以樹枝編成籠形，實之以石，乃再編合之，備河工用者也。四爲沈排，此則通常概作方形，高可一至二公尺，大小視用途而異，長者可十五至二十公尺，其寬則略減小，製於用沈排處上游岸邊。其製法乃以梢龍縱橫鋪於排座上，名曰下格子。其相交處，縛以鉛絲，釘以木椿，於是逐層鋪陳梢組，以至所定之厚爲止，復網以縱橫之梢龍，名曰上格子。因上下兩格子，必兩兩相對，則去木椿，而以紮料連上下格子爲一，則排成矣。其上邊四周編籬，俾沈時之抛石，不致滾入水中。若於潮汐能及之處造排，則當潮退時造成，及潮來，則排爲水上浮，可任所欲之，無待排座矣。此外尚有填梢，潛梢等法，茲不贅。

（完）

修浚閩江工程局簡明報告

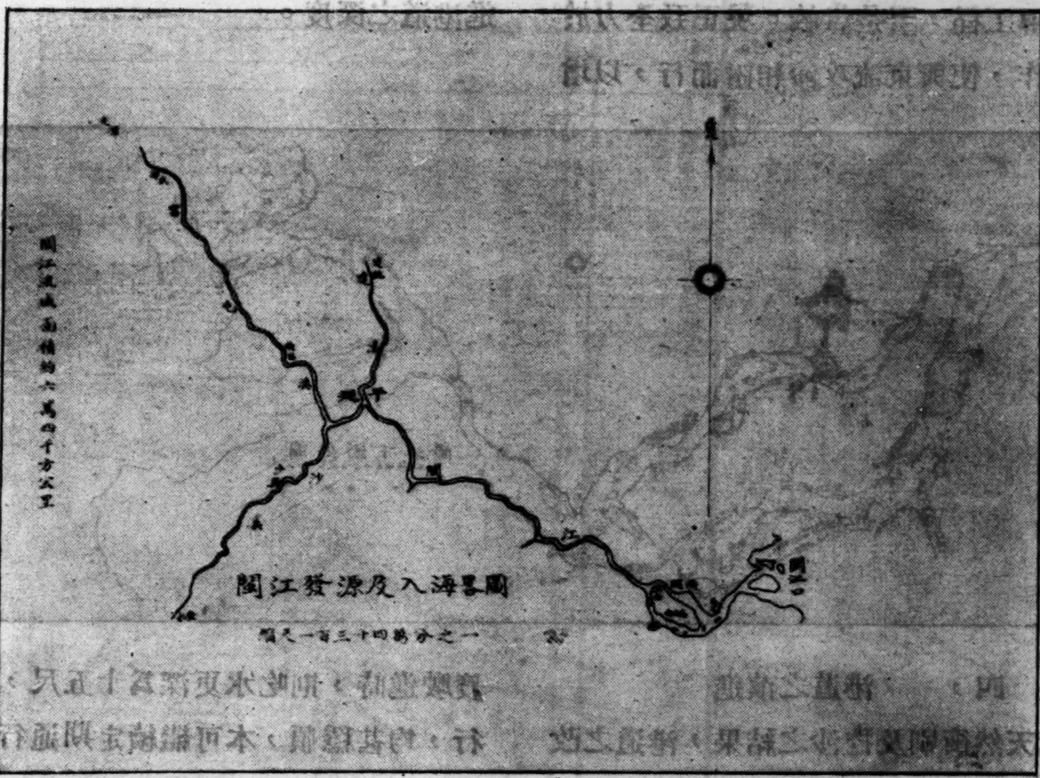
總工程師陳鴻泰

一、　沿革

民國七年，本局令代局長陳公培錕，方任閩海道道尹，因感商旅之不便，提議修濬馬尾至南台之一段港道，俾淀泊馬尾吃水十七尺以下之輪船，得以駛泊南台商埠，商之前閩關稅務司費妥瑪，設立浚河局，抽收海關附加捐，以充浚河經費。時上海浚浦局總工程師為荷人海德森，以顧問工程師資格，來福州察勘後，擬定計劃，預算需時三年，需款九十萬元，可以完成此工。惟按閩口稅額所抽附加捐，年不過九萬元，三年計僅二十七萬元，所差之數，擬向海關息借六十三萬元補充之。此項提議，經省署官廳，各國領事，及中外鉅商之一致贊成，由陳公赴京商洽墊款，經總稅務司安格聯之贊助，由財政外交兩部批准，浚河委員會因而成立。由福建省公署派員為會長，福州總商會，福建商船公會，閩關稅務司，各國領事，及各國商會等為會員。并指定委員會會長，領事團代表，及閩海稅務司等三人為執行委員，聘美人韋斯德為總工程師，於民國八年三月興工。於是該局在委員會管理之下，繼續工作八年之久，至十六年三月，國民革命軍福建省政務委員會成立，乃將修濬閩江事務，收回本省管轄。翌年四月，福建省政府主席楊公樹莊，以浚港為發展閩埠要務，自行兼管本局事務，明令撤銷原有委員會，并發表下列宣言，(一)前委員會所負責任及債務等均由福建省政府繼承之，(二)選聘水利工程專家繼續浚河工作，(三)所有浚河捐收入專充改良港道之用。旋聘前順直水利委員會工程師陳君鴻泰為總工程師，居省政府管理之下，加緊浚河工作，以至於今。

二，　河流

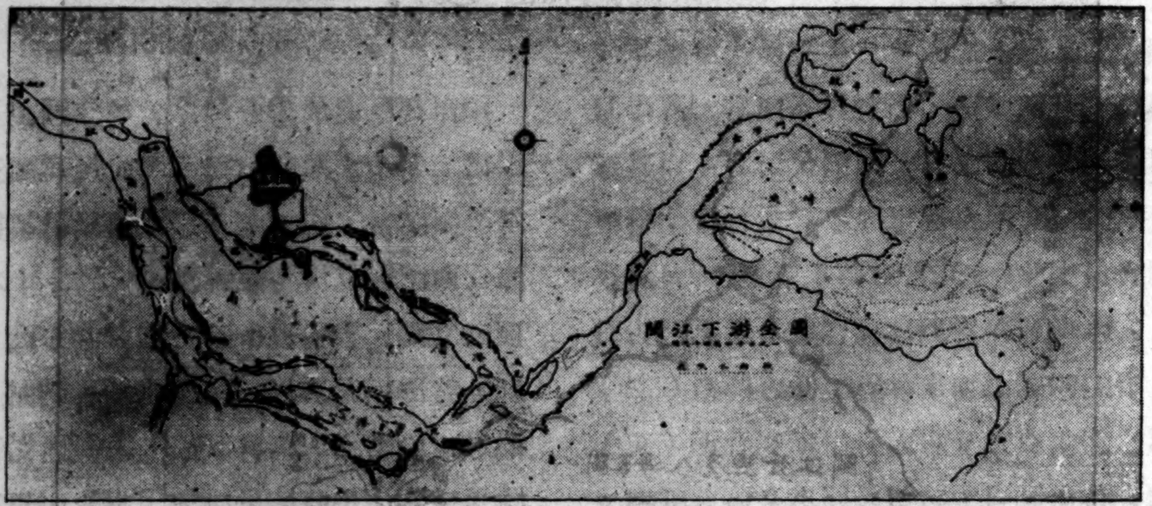
閩江水流湍急，由貫穿福建北部及東北部之建溪，西北部之富屯溪，西南部之沙溪，於距省垣上游約三百六十里之南平縣城之東南，滙合成一大江，蜿蜒東下，至距省會二十餘里之舊淮安縣城之西北，又岐而為南北二支，在省會下游之馬尾，復行匯合，使南台商埠成一島形。全江流域，約六萬四千方公里，山嶺居其大半，其下游在省會附近，則地勢平坦，朝潮夕汐，可及淮安以上，惟有時為溪洪所頂託，則僅至馬尾而止，自南台至馬尾之江流，北支約長三十里，交通最繁，閩江局修浚工程，卽在此區域之內。



三，　修浚工程之經過

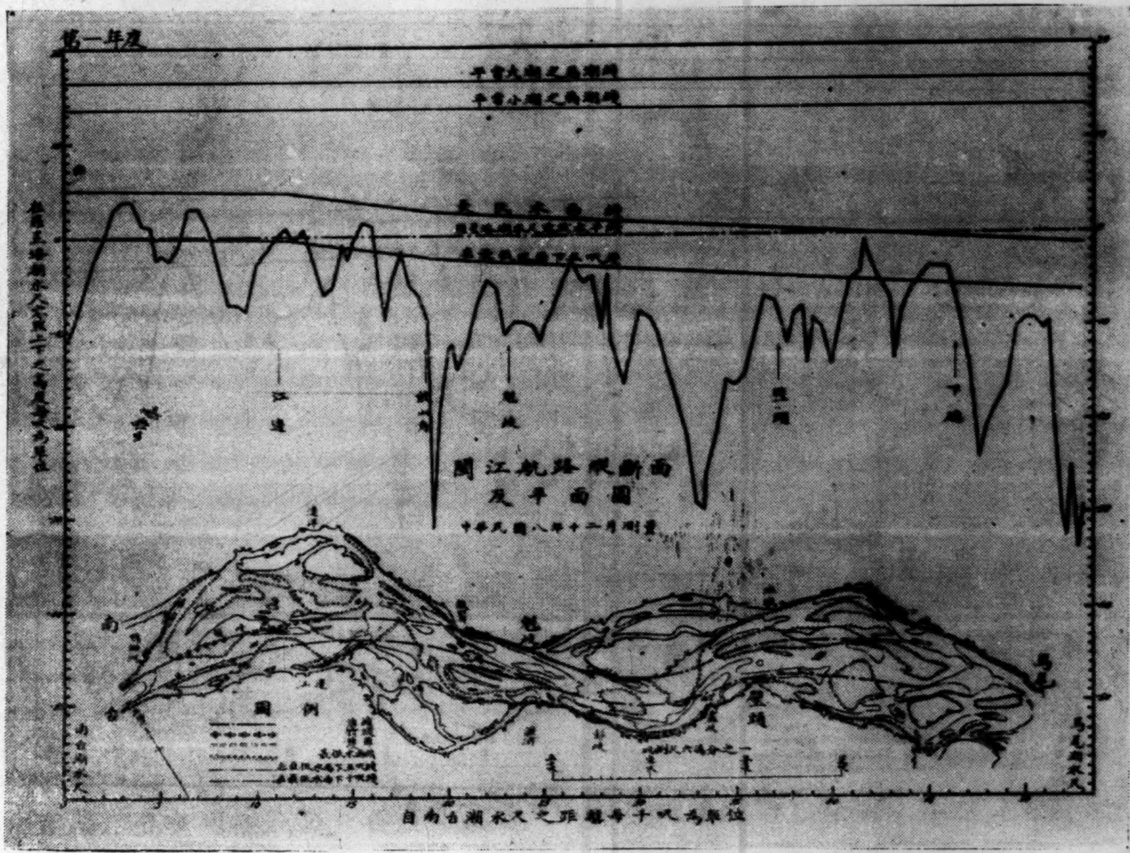
依海德森君之計劃，分南台至馬尾之江流爲三大段，上段自南台至魁岐，中段魁岐至繁頭，下段繁頭至馬尾，用蠻石沿江築壩，約束江流，使成三大灣，遂漸衝刷，預計三年時間，可使最淺之港，往時深僅二三尺者，刷至十尺至十三尺之深度。總工程師韋斯德君，按照計劃，先從上段入手，用蠻石依法定線建築縱行壩，或挑水壩，其高度以海潮半漲時爲標準，其壩外深港洩水太甚者，亦築橫壩堵截之。下段同時興工，中游一段，港道較爲穩定，故未施工。自開辦歷時五載，覺水力天然衝刷，力量低微，迥出所料，乃決用挖泥機補助。於民國十三年，由蘇格蘭洛泥茲廠，定造每點鐘能由二千尺長之導管，出沙二百立方碼之抽泥船一隻。此船於民國十四年開始工作，委員會解散後，仍繼續挖浚，惟鄙見已往成効甚微，因研究河流現狀，加以補救，將上段鼓山鼻縱壩，延長五百餘尺。下段終點之下礁縱壩，則延長三千二百尺。中段之東導工程，亦於去年實行建築，在江心淺灘之止，築石壩長六千三百尺，一面沿壩挑浚一新港道，并於縱壩下端築橫壩一道，與舊江岸相接，以免江流由舊港走洩，減少衝刷力量，

全江東導工程，至是告竣。現正致全力於抽沙工作，使與東流攻沙相附而行，以增進港道之深度。



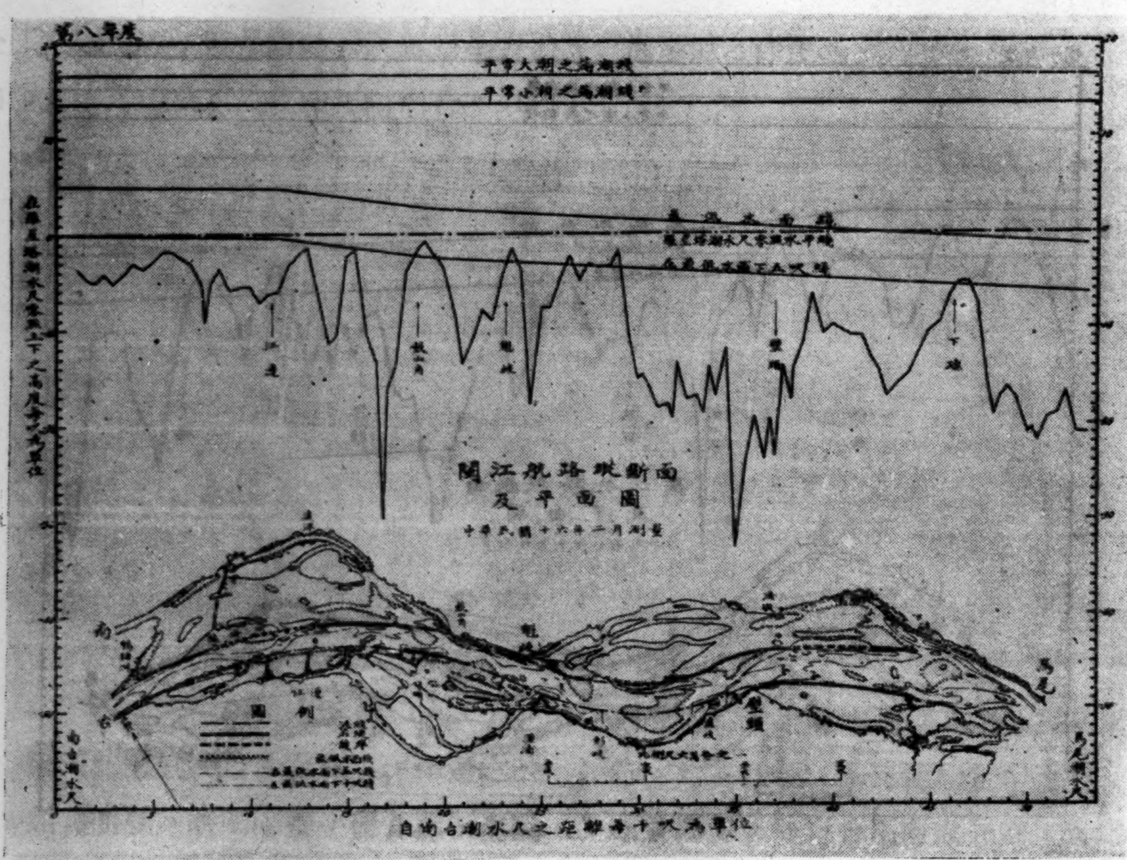
四， 港道之演進

因天然衝刷及挖沙之結果，港道之改善，頗爲明顯。試閱附圖，便知此段港道變遷情形，可分爲三時期，(一)未修浚以前之港道，卽閩江設局之第一年，(二)委員會管理時代修浚之港道，卽設局之第八年，(三)省政府修治四年之港道，卽設局之第十二年。如圖所示，未修浚之港道，深淺不一，沙灘縱橫，小艇亦須待潮而行，近兩年以來，則全江通航港道，低潮時最淺之處，亦在五尺以上，內河火輪，每日均能按照固定時間開駛，不必趁潮矣。外海輪船，往時不能到達南台者，現則滬輪甬興號，吃水十三尺，於十八年一月二十四日在歡聲雷動中抵埠椗泊，四月九日，第二度駛進時，則吃水更深爲十五尺，兩次航行，均甚穩順，本可繼續定期通行，他輪亦將繼至，徒以台馬兩處起卸工人之紛爭。駁船業恐受大船通航之打擊，阻力橫生，又本埠商業，適於是時發生變動，遂至中斷，良足惋惜。然甬興航行兩次之後，因知中段港道內三處暗礁，頗礙航務，雖皆加以標誌，而領港者終有戒心，故築造中段東導壩時，將港道改正，所有暗礁，均摒諸航線之外，於是往時遷徙無定之河道，現除上段鱉峯洲前一小段外，均能依照原有計劃，沿東導壩維持深港，成三大灣以達於馬尾。鱉峯洲一段航路，現正用挖泥船挑浚，竣工之後，則全江將有固定通航港道，其深度且可望其逐漸增進也。

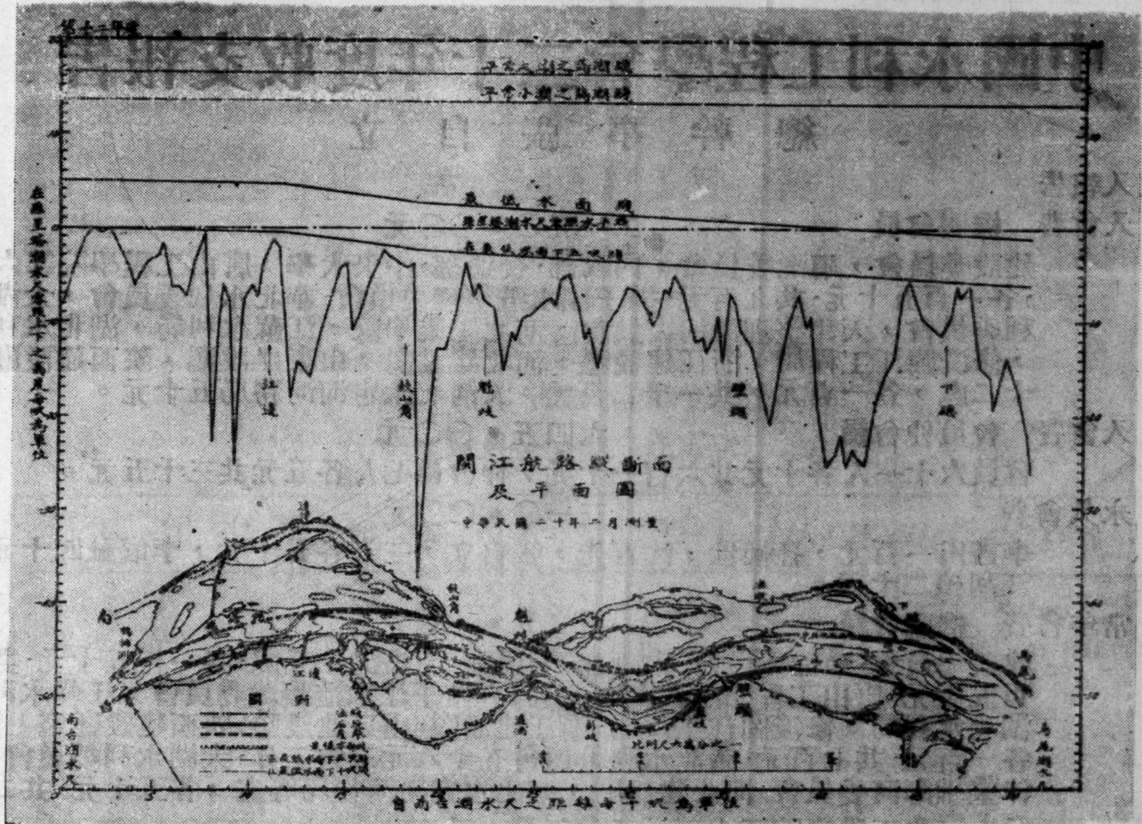


五，　將來之計劃

台江全段束導工程既經告竣，此後更謀港道之改善，厥惟抽沙一途。蓋抽沙工作，既可浚深港道，復可填高灘地，使適於建築商埠之用，在本局第十一年度報告中，敍述頗詳。蓋上段港底抽出之沙足於鰲峯洲鼓工鼻之間，填地五千畝，假令十分之六爲屋地，每畝最低估價值五千元，所獲已不貲矣。港道逐漸加深，能至若何程度，始歸穩定，以泥沙沈澱與衝刷之情形殊爲複雜，現在尚難斷定，惟其深度確在增加，則按之近年之水文測量，足以證實。蓋水流在束導壩範圍之內，其衝刷効果，不之寬而之深，理勢所必然者。故歷年以來，港內進潮量之增加，殊爲明顯。獨惜閩江入海之處，有內外二洲，馬尾下游，復有兩峽，殊爲進潮量增加之障礙。然欲鑿寬兩峽，殊爲經濟力量所不許，特開浚內外二洲，則爲改善江口之所有事，正擬作充分之研究也。現時平均之潮差，在馬尾爲十三尺至十六尺、在南台爲八尺至十一尺，(興工以前爲七尺至十尺)。此項



港道不健全之狀態，現僅能恃抽沙機之力量而療治之。其次則上溪東下之淡水，亦有天然衝刷力量。惟是以年來水文測量之結果，知低水期間，江流通入北港者僅全流量十之三。溪洪暴漲時，反在五成以上。遂致所挾泥沙，强半沈汙航線之內。此項沙汙，雖能於溪洪低落之後，衝刷淨盡，然欲圖港道有顯著之進步，究以減少溪洪，與增加淡水量爲最有効。是宜在北港上端，建築閘門，以人力操縱水量，惟建築費爲數不貲，似非眼下所能實現。其次則北港上游，有石橋兩座，橋基係亂石拋成，橫截江底，有如巨堰，大爲水流之障礙。改建新式橋墩，減少墩數，抑抵基床，於增加水量，收效必宏，雖橋樑建築費亦鉅，然舊橋狹窄，於近代交通，已不適用，一舉兩得，似難恝置者。總之過門大嚼，不如嘗鼎一臠，修浚台馬一段閩江，雖有種種辦法，而眼前似以抽沙爲最切要，進步雖緩，而有得地之功。福州本爲南部鉅埠，年來政府，提倡建設，商業漸見發達，建築新埠，自隨港道之進步而更覺



需要，地價之高，可操左券。若以全江而論，則如何防範溪洪，如何利用水力，如何整與灌溉，如何發展航運，皆閩江局應有之計劃，而病未能者。故閩江局急宜測繪閩江流域詳細全圖，作水文地質之研究，與海岸之詳細測量，以求此項計劃之測現。然凡百事功，非財莫舉，則如何籌畫財源，尤爲先務之急者矣。

中國水利工程學會二十年度收支報告

總　幹　事　張　自　立

收入報告

入會費　機關會員　　二一五〇・〇〇元

建設委員會，導淮委員會，內政部，交通部，中央大學，唐山工程學院等六處，各一百五十元，共九百元，揚子江水道整理委員會，華北水利委員會，太湖水利委員會，天津整理海河委員會，河北工業學院，江蘇水利局，湖北水利局，修浚閩江工程局，浙江建設廳，河北建設廳，山東建設廳，陝西建設廳等十二處，各一百元，共一千二百元，又河北永定河河務局五十元。

入會費　會員仲會員　　六四五・〇〇元

會員六十一人各十元共六百一十元，仲會員七人各五元共三十五元。

永久會費　　三一〇・〇〇元

李書田一百元，孫輔世，沈百先，張自立，三人各五十元，李儀祉四十元，汪胡楨二十元。

常年會費　機關會員　　一八二九・一六元

建設委員會，導淮委員會，內政部，交通部，中央大學五處，各一百五十元，共七百五十元，唐山工程學院八十七元五角，揚子江水道整理委員會，江蘇水利局湖北水利局，修浚閩江工程局，浙江建設廳，山東建設廳，陝西建設廳等七處，各一百元，共七百元，華北水利委員會五十八元三角三分，太湖水利委員會，天津整理海河委員會，河北建設廳，河北永定河河務局等處，各五十元，共二百元，河北工業學院三十三元三角三分。

常年會費　會員仲會員　　二八八・九六元

月刊收入　二一四・八〇元　　存款利息　四二・九五元

以上共計收入五千四百八十元八角七分

支出項下　出版費　　一三九五・五二元

七月份第一期月刊二五八・一六元　八九月份第二三期月刊四〇〇・九六元　十月份第四期月刊二八四・六〇元　十一月份第五期月刊二五一・〇八元　十二月份第六期月刊一九六・七二元

總務費　　二六二・七三元

內購置費四〇・〇〇文具紙張費一二四・八四郵票印花費六五・六〇年會用費二九・八四雜支二・四五（尚結存郵票二十二元印花六角五分）

撥天津分會常年會費之半數　　六一・六七元

以上共計支出一千七百一十九元九角二分

收支相抵結存洋三千七百六十元零九角五分

內基金三千一百零五元卽入會費及永久會費全部又存出版委員會五十一元三角二分存總幹事處六百零四元六角三分正

審核無誤　須愷　陳懋解　　二十一，一，十二

水利 HYDRAULIC ENGINEERING

中國水利工程學會印行

PUBLISHED MONTHLY BY THE HYDRAULIC ENGINEERING SOCIETY OF CHINA

本刊定價表

定報處：	南京四條巷良友里二十號中國水利工程學會出版委員會
零售	每冊二角
預定	半年六冊連郵費一元二角
	全年十二冊連郵費二元四角
	國外全年起定連郵費三元六角

本刊廣告刊例

等次 / 地位	特等 底封面之後面	優等 封面內面及對面	上等 圖畫前	普通 正文前後
全頁	四十元	二十四元	二十元	十六元
半頁		十三元	十一元	九元

（一）特等廣告四色彩印由本會代爲繪圖不另取資

（二）除特等廣告外其餘均用白紙印月刊正文之本色

（三）如用色紙或其他彩印價目另議

（四）繪圖製版工價另議長期不更換者祇取一次費

（五）長期廣告取費從廉

（六）廣告費先收後登

advertisement rates

POSITION	Rate per insertion	
	FullPage	HalfPage
Outside Back Cover	$ 40.00 Mex	—
Inside Front Cover	24.00 „	—
Opposite Inside F't Cover	24.00 „	13.00
Opposite Pictorial Page	20.00 „	11.00
Ordinary Position	16.00 „	9.00

1. Long term insertions are subject to the following rates of discount.
   Full Year (12 insertions) 20 %
   Half Year (6 insertions) 10 %
2. For the outside back cover four colors are allowed with copies and blocks supplied free.
3. For other positions only one color is allowed and blocks are charged according to current price.
4. Special quality of paper may be supplied with additional charges..
5. Payment shall be made before every insertion.